

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

Институт – Неразрушающего контроля  
Направление подготовки – Приборостроение  
Кафедра – Точного приборостроения

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

| Тема работы                                 |
|---|
| <b>Система управление мобильным роботом</b> |

УДК 621.865.8-529

Студент

| Группа | ФИО                            | Подпись | Дата |
|--------|--------------------------------|---------|------|
| 1БМ4В  | Мамытов Нуржигит Гульжигитович |         |      |

Руководитель

| Должность | ФИО             | Ученая<br>степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------|-----------------|---------------------------|---------|------|
| Доцент    | Нестеренко Т.Г. | К.Т.Н.                    |         |      |

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

| Должность     | ФИО             | Ученая<br>степень, звание | Подпись | Дата |
|---------------|-----------------|---------------------------|---------|------|
| Зав. кафедрой | Чистякова Н. О. | К.Э.Н.                    |         |      |

По разделу «Социальная ответственность»

| Должность | ФИО           | Ученая<br>степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------|---------------|---------------------------|---------|------|
| Доцент    | Анищенко Ю.В. | К.Т.Н.                    |         |      |

По разделу «Вопросы технологии»

| Должность | ФИО           | Ученая<br>степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------|---------------|---------------------------|---------|------|
| Доцент    | Гормаков А.Н. | К.Т.Н.                    |         |      |

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

| Должность                                   | ФИО          | Ученая<br>степень, звание | Подпись | Дата |
|---|--------------|---------------------------|---------|------|
| Зав. кафедрой<br>Точного<br>приборостроения | Бориков В.Н. | Д.Т.Н.                    |         |      |

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт неразрушающего контроля

Направление подготовки: 12.04.01 «Системы ориентации, стабилизации и навигации»

Кафедра - Точного приборостроения

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой ТПС  
\_\_\_\_\_ Борилов В.Н..  
Подпись                      Дата

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

|  |
|--|
| <b>МАГИСТЕРСКОЙ ДИССЕРТАЦИИ</b>  |
| (бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации) |

Студенту:

| Группа | ФИО                               |
|--------|-----------------------------------|
| 1БМ4В  | Мамытову Нуржигиту Гульжигитовичу |

Тема работы:

|   |  |
|---|--|
| <b>Система управление мобильным роботом</b> |  |
| Утверждена приказом директора               |  |

|  |            |
|--|------------|
| Срок сдачи студентом выполненной работы: | xx.06.2016 |
|--|------------|

|   |  |
|---|--|
| <b><u>ТЕХНИЧЕСКОЕ</u></b><br><b><u>ЗАДАНИЕ:</u></b><br>Исходные данные к работе | Объект исследования: Система управления мобильным роботом.<br>Предмет исследования: Robotics Starter Kit 2.0.<br>Обеспечить движение робота в прямом и обратном направлении, повороты на 360°.<br>Вредного влияния на окружающую среду нет |
|---|--|

|   |  |
|---|--|
| <b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b> | <ul style="list-style-type: none"><li>• 1 Алгоритм управления с навигационными сенсорами.</li><li>• Алгоритм передачи и обработки информации с навигационных сенсоров</li><li>• Алгоритм управления, моторами транспортного робота, включая движение в прямом и обратном направлении, поворота на 360°.</li><li>• Программное обеспечение, реализующее алгоритм управления с навигационными сенсорами, алгоритм передачи и обработки информации с навигационных сенсоров, алгоритм управления моторами транспортного</li></ul> |
|---|--|

|  |  |
|--|--|
|  | робота, включая движение в прямом и обратном направлении, повороты на 360°.  |
| <b>Перечень графического материала</b> | <p>Презентация</p> <p>Структурная и функциональная схема систем навигации и управления транспортным роботом.</p> <p>Программное обеспечение, алгоритм управления с навигационными сенсорами, алгоритм передачи и обработки информации с навигационных сенсоров, алгоритм управления моторами транспортного робота, включая движение в прямом и обратном направлении, повороты на 360°.</p> |

**Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы**  
(с указанием разделов)

| Раздел  | Консультант                                 |
|---|---|
| Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение | Н. О. Чистякова, заф. каф. менеджмента ИСГТ |
| Социальная ответственность                                      | Ю. В. Анищенко, доцент каф. ЭБЖ             |
| Английский язык   | Кошелева Е.Ю., доцент каф. ИЯ ФТИ           |

**Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:**

Документирование процессов

**Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику**

**Задание выдал руководитель:**

| Должность | ФИО             | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------|-----------------|------------------------|---------|------|
| доцент    | Нестеренко Т.Г. | к.т.н.                 |         |      |

**Задание принял к исполнению студент:**

| Группа | ФИО         | Подпись | Дата |
|--------|-------------|---------|------|
| 1БМ4В  | Мамытов Н.Г |         |      |

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт неразрушающего контроля  
Направление подготовки 12.04.01 «Системы ориентации, стабилизации и навигации»  
Уровень образования магистратура  
Кафедра - Точного приборостроения

Период выполнения (осенний / весенний семестр 2015/2016 учебного года) \_\_\_\_\_

Форма представления работы:

|  |
|--|
| Магистерская диссертация   |
| (бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация) |

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН  
выполнения выпускной квалификационной работы**

|  |            |
|--|------------|
| Срок сдачи студентом выполненной работы: | 17.06.2016 |
|--|------------|

| Дата контроля              | Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)  | Максимальный балл раздела (модуля) |
|----------------------------|--|------------------------------------|
| Сентябрь – декабрь 2014 г. | Знакомство с литературой по теме   |                                    |
| Сентябрь 2014 г.           | Выбор и утверждение темы диссертации   |                                    |
| Февраль – май 2015 г.      | Изучение оборудования, методов расчета, программного продукта                                  |                                    |
| Октябрь – декабрь 2014 г.  | Подготовка статей, в т.ч. в рецензируемых журналах , составление докладов по материалам работы |                                    |
| Сентябрь – декабрь 2015 г. | Подготовка теоретической части диссертации   |                                    |
| Сентябрь – декабрь 2015 г. | Подготовка статей, в т.ч. в рецензируемых журналах , составление докладов по материалам работы |                                    |
| Февраль – март 2016 г.     | Подготовка практической части диссертации  |                                    |
| Апрель – май 2016 г.       | Подготовка экономической части диссертации   |                                    |
| Май 2016 г.                | Подготовка демонстрационных материалов и докладов для защиты                                   |                                    |

**Составил преподаватель:**

| Должность       | ФИО            | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------------|----------------|------------------------|---------|------|
| Доцент каф. ТПС | Нестеренко Т.Г | К.Т.Н.                 |         |      |

**СОГЛАСОВАНО:**

| Зав. кафедрой                         | ФИО          | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|---------------------------------------|--------------|------------------------|---------|------|
| Зав. кафедрой Точного приборостроения | Бориков В.Н. | Д.Т.Н.                 |         |      |

## Запланированные результаты обучения

| Код<br>результата                          | Результат обучения   |
|--|--|
| <b><i>Профессиональные компетенции</i></b> |  |
| P1   | <b>Способность</b> совершенствовать и повышать свои специальные знания в области математических, физических, естественных, гуманитарных и экономических наук в комплексной инженерной деятельности на основе целостной системы научных знаний об окружающем мире;  |
| P2   | <b>Способность</b> адаптироваться к новым ситуациям, переоценивать накопленный опыт, анализировать свои возможности в понимании сущности и значения информации в развитии современного общества, владение основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации; использование для решения задач современных технических средств и информационных технологий в профессиональной области.  |
| P3   | <b>Способность</b> использовать на практике умения и навыки в организации исследовательских и проектных работ, в управлении коллективом; эффективно работать индивидуально и в качестве члена команды, демонстрируя навыки руководства отдельными группами исполнителей; в том числе над междисциплинарными проектами, уметь проявлять личную ответственность, приверженность профессиональной этике и нормам ведения профессиональной деятельности.   |
| P4   | <b>Способность</b> к самостоятельному обучению новым методам исследования, к изменению научного и научно-производственного профиля своей профессиональной деятельности; разрабатывать самостоятельно техническую документацию; четко излагать и защищать результаты инженерной деятельности в областях контроля деформации измерительной техники и точного приборостроения; приобретать с помощью информационных технологий и использовать в практической деятельности умения непосредственно не связанных со сферой деятельности. |
| P5   | <b>Умение</b> использовать основные законы естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и моделирования, основы теоретического и экспериментального исследования в инженерной деятельности при разработке средств измерения и контроля, используя макеты и средства автоматизированного проектирования в приборостроении.  |
| P6   | <b>Умение</b> профессионально эксплуатировать современное оборудование и приборы в соответствии с целями магистерской программы, организовывать технологическую подготовку производства приборных систем различного назначения и принципа действия, разрабатывать и внедрять новые технологические процессы с использованием гибких САПР и оценивать их экономическую эффективность и социальную ответственность.  |
| P7   | <b>Способность</b> проектировать приборные системы и технологические процессы с использованием средств САПР и опыта разработки конкурентоспособных изделий; осуществлять проектную деятельность в профессиональной сфере на основе системного подхода.   |
| P8   | <b>Умение</b> разрабатывать результаты исследований по анализу; способность разработать и проводить оптимизацию натурных экспериментальных исследований приборных систем с учётом критериев надёжности; использовать результаты научно-исследовательской деятельности.   |
| P9   | <b>Умение</b> организовывать современное обеспечение технологических   |

|     |  |
|-----|--|
|     | <p>процессов производства приборных систем; решать экономические и организационные задачи технологической подготовки приборных систем и выбирать системы обеспечения экологической безопасности в производстве и при технологическом контроле.</p>   |
| P10 | <p><b>Способность</b> проектировать математические модели анализа и оптимизации объектов исследования, выбирать численные методы их моделирования или разработать новый алгоритм решения задачи; выбирать оптимальные методы и программы экспериментальных исследований и испытаний, проводить измерения с выбором современных технических средств и обработкой результатов измерений.</p>   |
| P11 | <p><b>Способность</b> формулировать цели, определять задачи, выбирать методы исследования в области приборостроения на основе подбора и изучения литературных и патентных и других источников; разрабатывать методические и нормативные документы, техническую документацию на объекты приборостроения, а также осуществлять системные мероприятия по реализации разработанных проектов и программ; составлять научно-технические отчеты, обзоры, публикации по результатам исследовательской деятельности</p> |

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа \_\_\_\_\_ 141 \_\_\_\_\_ с., \_\_\_\_\_ 95 \_\_\_\_\_ рис., \_\_\_\_\_ 22 \_\_\_\_\_ табл., \_\_\_\_\_ 24 \_\_\_\_\_ источников.

Ключевые слова: мобильный робот, Labview, Robotics Starter Kit

Объектом исследования является (ются) Robotics Starter Kit 2.0

Цель работы разработка системы управления мобильного робота

В процессе исследования проводились \_\_\_\_\_ литературный обзор по теме исследования, определение требований к мобильному роботу, ознакомление и применение методов программирование на LabVIEW.

В результате исследования определены требования к мобильному роботу, описаны приемы разработки программного кода и применение датчиков для ориентаций в пространстве.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: рассмотрены конструкций робота и его датчика и применения CAD(T-Flex) системы для создания виртуального модели робота.

Степень внедрения: результаты исследований в виде описание методики программирование в LabVIEW для учебных целях

Область применения: энергетика, авиация и РКТ, автомобилестроение, связи, машиностроение.

Экономическая эффективность/значимость работы: заключается авторизаций в деятельности организации и роботизации производственных процессов организации и управления и деятельности.

В будущем планируется: дальнейшие изучение и внедрение LabVIEW производство и применение других инструментов и методов роботизации производств

### **Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки**

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты.

1. ГОСТ 12.0.003–74.ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.

2. ГОСТ 12.1.003–83 (1999) ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.

3. ГОСТ 12.1.010-76 ССБТ. Взрывобезопасность. Общие требования.

4. ГОСТ 12.1.012-90 ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования.

5. ГОСТ 12.1.019 -79 (с изм. №1) ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.

6. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.
7. ГОСТ 12.1.047-85 ССБТ. Вибрация. Метод контроля на рабочих местах и в жилых помещениях морских и речных судов.
8. ГОСТ 12.4.026-76. ССБТ. Цвета сигнальные и знаки безопасности.
9. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий. – М.: Госкомсанэпиднадзор, 2003.
10. СНиП 2.04.05-91. Отопление, вентиляция и кондиционирование.
11. СНиП 21-01-97. Пожарная безопасность зданий и сооружений. М.: Гострой России, 1997. – с. 12.
12. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
13. СН 2.2.4/2.1.8.562–96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. М.: Минздрав России, 1997.
14. СП 9.13130.2009. Техника пожарная. Огнетушители. Требования к эксплуатации.
15. СН 2.2.4/2.1.8.556–96. Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий. – М.: Минздрав России, 1997.
16. ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ. Защитное заземление, зануление.

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

**Ультразвуковой датчик:** может использоваться в качестве сигнализатора или преобразователя. Ультразвуковой сигнализатор формирует дискретный сигнал соответствующий наличию/отсутствию контролируемого объекта или вещества. Преобразователь на выходе формирует аналоговый сигнал пропорциональный расстоянию до объекта или уровню контролируемого вещества.

**Оптический энкодер:** устройство, предназначенное для преобразования угла поворота вращающегося объекта (вала) в электрические сигналы, позволяющие определить угол его поворота. Датчики угла поворота имеют множество применений. Они широко применяются в промышленности (в частности в сервоприводах), в роботостроении, в автомобилестроении (например, для определения угла поворота рулевого колеса), в компьютерной технике (для определения угла поворота колеса компьютерной мыши) и т. п.

Сокращения русских слов выполняются в соответствии с ГОСТ Р 7.0.12-2011, сокращения иностранных слов – в соответствии с ГОСТ 7.11-2004. Также в данной работе приведены следующие сокращения:

LabVIEW - (англ. **L**aboratory **V**irtual **I**nstrumentation **E**ngineering **W**orkbench)

NI - National Instruments

ПЛИС (FPGA) - Программируемая логическая интегральная схема



|   |                                     |
|---|-------------------------------------|
| Оглавление  |                                     |
| Введение .....  | 10                                  |
| 1. Анализ систем навигации робота.....                                      | 15                                  |
| 1.1. Персональная система .....   | 15                                  |
| 1.3. Автономная система .....   | 16                                  |
| 1.4. Глобальная система .....   | 16                                  |
| 1.5. Классификация навигационных систем .....                               | 17                                  |
| 3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и<br>ресурсосбережение ..... | 28                                  |
| 4. Социальная ответственность .....   | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| Приложение А. Раздел ВКР на иностранном языке.....                          | 63                                  |

## **Введение**

Сегодня робототехника находит свое применение в сфере энергетики, авиации и РКТ, в автомобилестроении, связи, машиностроении, а также в электронике и в быту. По всему миру мобильные роботы стали появляться в аэропортах, магазинах, больницах и в других учреждениях, где требуются операции обслуживания. Такими операциями являются перемещение предметов: товаров, лекарств, и т.п., патрулирование помещения, движение с целью привлечения внимания, предоставление информационных ресурсов, уборка помещений и т.д. В сегменте роботов для населения будут все более популярными машины, оказывающие непосредственную поддержку человеку. Например, роботы для телеприсутствия, позволяющие удаленно находиться в помещении и передвигаться по нему, видя происходящее вокруг видеокамерой робота. Подобные роботы могут использоваться в образовательных целях, например, в школах и ВУЗах, на различных выставках и форумах. В век информации мобильные роботы просто незаменимы, когда аудио- и видеосвязи недостаточно. Робот позволяет не только дистанционно перемещаться в пространстве, но и взаимодействовать с объектами.

Существующие мобильные роботы функционируют только с помощью дистанционного управления, при этом данный режим мало автоматизирован. Датчики на борту робота, например, инфракрасные и ультразвуковые дальномеры, обеспечивают безопасность движения в статической среде посредством запрета приближения к препятствиям при дистанционном управлении. Такой способ автоматизации усложняет дистанционное управление роботом. Кроме того, в динамической среде данный подход практически не обеспечивает безопасность движения. Для полноценного выполнения своих задач робот должен определять собственные координаты, строить карту помещения, двигаться по заданному маршруту и при этом соблюдать меры безопасности. Данную проблему решает автоматическое движение робота при помощи навигационной

системы, при этом оператор выполняет только функцию целеуказания. Робот в автоматическом режиме может успешно выполнять свои задачи без участия человека-оператора, а в режиме телеприсутствия – система обеспечивает безопасность движения.

Существующие алгоритмы навигации мобильных роботов не обеспечивают достаточную точность и надежность локализации робота в помещении, либо требуют значительных вычислительных ресурсов. Последнее сильно сказывается на конечной стоимости мобильного робота, что не позволяет использовать его повсеместно, а также на потреблении энергии, вследствие, времени автономной работы. Существующие методы управления движением робота либо не учитывают подвижные препятствия, либо упрощают условия задачи, из-за чего движение робота зачастую не является оптимальным по времени достижения цели. Однако есть задачи, где этот параметр является критичным, например, доставка лекарств больному.

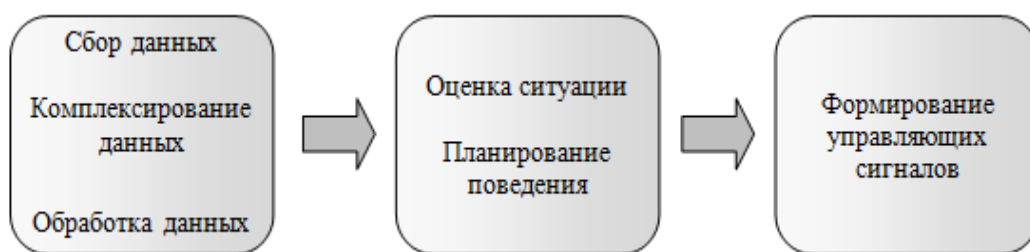
Отметим, что существующие навигационные системы достаточно хорошо проработаны для применения в индустриальной сфере, где среда детерминирована и является статической. В сфере же услуг обстановка в корне отличается: помещение, в котором находится робот, наполнено подвижными препятствиями (люди, другие роботы, животные). Поэтому задача автоматического управления мобильным роботом в среде, содержащей динамические препятствия, является актуальной научно-технической задачей.

Во всем мире ведутся интенсивные исследования по технологиям навигации роботов с использованием сканирующего лазерного дальномера, с помощью беспроводных сетей, ориентиров, а также карты местности, в т.ч. трехмерной. Судя по многим работам в области навигации мобильных роботов, использование лазерного дальномера позволяет достичь наиболее высокой точности локализации. Подобные разработки ведутся в различных организациях как в России, так и за рубежом. Ключевыми в данном вопросе являются:

Университет Карнеги-Меллон (США), Стэнфордский университет (США), Боннский университет (Германия). В России это: НИИ СМ МГТУ им. Н.Э. Баумана, НУЦ «Робототехника», ЦНИИ РТК, ИПИМ им. М.В. Келдыша РАН.

В данной диссертации рассмотрены вопросы, связанные с разработкой системы управления мобильного робота на основе ультразвукового датчика. Разработка систем управления мобильного робота осуществляется на базе платформы NI Robotics Starter Kit 2.0 в среде LabVIEW. Основными библиотеками LabVIEW Robotics Module является интегрированная среда комплексного проектирования и разработки систем управления мобильными роботами (МР). Данный модуль включает библиотеку драйверов для устройств различного класса МР (манипуляторы, колесные роботы) и высокоуровневых функций для реализации процедур сбора и обработки данных, принятия решений и управления исполнительными механизмами.

Основные функциональные блоки МР проиллюстрированы на рисунке 1.



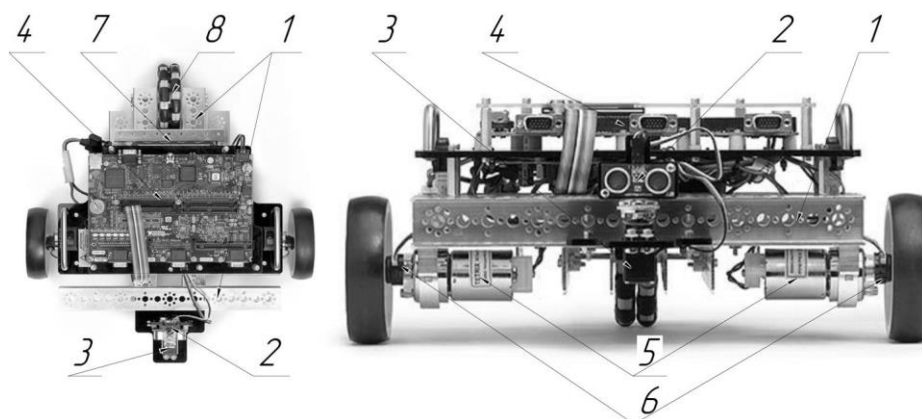
**Рисунок 1 - Обобщенная функциональная схема МР**

NI Robotics Starter Kit 2.0 позволяет изучать основные компоненты МР (сенсоры, двигатели, контроллеры и т.п.) и решать ряд практических задач:

- сканирования и картографирования местности;
- объезда препятствий;
- планирования траектории движения;

Аппаратная часть платформы NI Robotics Starter Kit 2.0 представляет собой универсальный набор элементов для сборки мобильных роботов

различной степени сложности и функциональности. Она содержит легко монтируемые механические компоненты, электроприводы, модули управления, различные типы датчиков. Общий вид Robotics Starter Kit 2.0 представлен на рис.2.



**Рисунок 2 - Общий вид NI Robotics Starter Kit 2.0: 1 - TETRIS платформа; 2 - ультразвуковой датчик расстояния; 3 - сервопривод; 4 - плата управления на базе NI sbRIO 9632; 5 - двигатели постоянного тока; 6 - оптические квадратурные энкодеры; 7 - аккумулятор; 8 - омни-колеса**

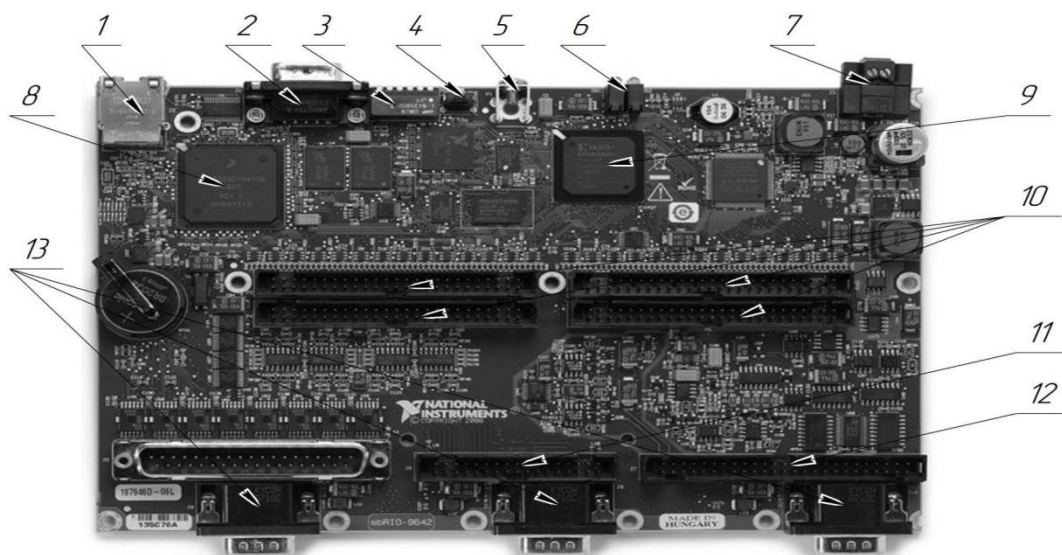
Базовая комплектация системы состоит из компонентов, технические характеристики которых представлены в таблице 1. При этом имеется возможность расширения функций системы за счет дополнительных модулей сбора данных с датчиков, GPS-приемника, GSM-передатчика и блока обработки видеоизображений с видеокамеры.

**Таблица 1. Базовая комплектация робототехнической платформы Robotics Starter Kit 2.0**

| Наименование                    | Технические характеристики  |
|---------------------------------|---|
| Ультразвуковой сканер           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• диапазон измерения дальности: 0,02-2 м</li> <li>• диапазон сканирования: 0-180°</li> <li>• шаг сканирования: 1°</li> </ul> |
| Электроприводы постоянного тока | <ul style="list-style-type: none"> <li>• напряжение питания: 12 В</li> <li>• крутящий момент: 3348 г/см</li> <li>• обороты в минуту: 152</li> </ul>                 |
| NI sbRIO-9632                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• сетевой интерфейс: Ethernet</li> <li>• тактовая частота процессора: 400</li> </ul>   |

|  |   |
|--|---|
|  | МГц <ul style="list-style-type: none"> <li>• память: 256 Мб</li> <li>• FPGA: Xilinx Spartan-3</li> <li>• каналы цифрового ввода-вывода:</li> </ul> 110 <ul style="list-style-type: none"> <li>• каналы аналогового ввода: 32</li> <li>• каналы аналогового вывода: 4</li> </ul> |
|--|---|

NI sbRIO-9632 (рисунок 3) представляет OEM (Original equipment manufacturer) решение для создания встраиваемых систем сбора данных, мониторинга и управления. Открытая архитектура, функциональная гибкость, компактность и низкая стоимость повышает эффективность использования NI sbRIO-9632 в разработке МР.



**Рисунок 3 - Общий вид печатной платы sbRIO-9632:**

**1** - порт Ethernet RJ-45; **2** - последовательный порт RS-232; **3** - DIP переключатели; **4** - кнопка Reset; **5** - ушко заземления; **6** - светодиодные индикаторы; **7** - разъем питания; **8** - процессор реального времени; **9** - микросхема ПЛИС; **10** - цифровой ввод/вывод 3,3 В; **11** - цифровой ввод 24В; **12** - разъем аналоговых входов/выходов; **13** - коннектор для модулей

NI Single - Board RIO , как показано на рисунке 4, является встроенной платформой, которая объединяет в себе процессор реального времени, программируемая пользователем вентильная матрица (FPGA), а также аналоговые и цифровые входы / выходы на одной плате. Эта плата

программируется с помощью LabVIEW Real-Time , LabVIEW FPGA и программных модулей LabVIEW Robotics .

## **1. Анализ систем навигации робота**

Для реализации систем навигации необходимо использовать набор модулей, который зависит от требуемой функциональности, точности и других параметров.

Определение положения робота в пространстве каждый момент времени, движение робота по прямой, разворот робота в противоположное направление, и возвращение направления робота на начальную траекторию после обхода препятствий сводится к задаче навигации и ориентации робота в пространстве.

В робототехнике по одному из способов классификации выделяют четыре вида навигационных систем:

- Персональная;
- Локальная;
- Автономная система;
- Глобальная система;

### **1.1. Персональная система**

Местонахождение роботом частей своего тела и взаимодействие с окружающим миром актуально для устройств, снабженных манипуляторами. К такой системе можно отнести: движение вдоль кабелей и линий, движение робота по меткам, движение с использованием энкодеров.

В целом данные способы являются дорогими и не гибкими. Подходят для позиционирования робота на конкретной небольшой территории.

### **1.2 Локальная система**

Определение координат устройства по отношению к некоторой (обычно стартовой) точке. Эта схема востребована разработчиками беспилотных самолетов и наземных роботов, выполняющих задания в пределах известных территорий. К данной системе относятся методы

определение координат робота по локальным координатам маяков, позиционирование в сотовых сетях.

Данные способы не подходят по причине отсутствия сотовой связи в районе леса, отдаленных мест от городской местности. Также имеют низкую точность.

### **1.3. Автономная система**

Следует отметить, что существенными недостатками гироскопа и цифрового компаса, применительно к нашей задаче, является их чувствительность к наклонам роботизированной платформы, и по этой причине наблюдается неустойчивость.

Поэтому гироскоп и цифровой компас применяются как дополнительные устройства для корректировки и сглаживания “плавания” координат в навигационной системе.

### **1.4. Глобальная система**

Определение абсолютных координат устройства при движении по длинным маршрутам (GPS, Глонасс).

Наилучшую точность на данный момент обеспечивает GPS. Погрешность такой системы на данный момент не превышает 2-х метров. При условиях, близких к идеальным, точность соответственно увеличивается и погрешность не превышает 2-3 метров. А новое поколение спутников обеспечит точность не менее 60-90 см.

Основной недостаток глобальных систем – зависимость от условий использования. Практически невозможно определять местонахождение внутри зданий, в подвалах или тоннелях. На прием сигналов GPS влияют помехи от наземных источников.

Считается, что чем крупнее аппарат, тем выше для него важность глобальной навигации и ниже – персональной. У малогабаритных все наоборот.



## **1.5. Классификация навигационных систем**

Системы навигации классифицируются еще по одному признаку – они могут быть пассивными и активными. Пассивная система навигации подразумевает прием информации о собственных координатах и других характеристиках своего движения от внешних источников, а активная рассчитана на определение местоположения только своими силами. Как правило, все глобальные схемы навигации пассивные, локальные бывают и теми и другими, а персональные схемы – всегда активные.

Пассивные навигационные схемы. Первые модели промышленных роботов с более или менее автономной навигацией, созданные в 60-е годы, передвигались по маршруту, жестко заданному с помощью электрических кабелей, проложенных под полом заводских сооружений. На роботах устанавливались несложные устройства приема электромагнитного излучения кабеля, позволявшие определять направление перемещения. Аппараты могли двигаться по различным маршрутам благодаря тому, что по нескольким кабелям передавался сигнал с разной частотой. Но такая схема была дорогой и негибкой.

С появлением первых систем машинного зрения удалось отказаться от кабелей и перейти к навигации по ярко нарисованным (или флуоресцентным) линиям на полу. Робот с помощью камеры следил за такой линией и самостоятельно двигался вдоль нее. Правда, линии часто стирались, нередко загорались другими аппаратами и людьми, а на перекрестках, где сходились несколько маршрутных линий, роботы обычно терялись и останавливались, не в силах понять, куда же двигаться дальше.

Испытывались и другие похожие концепции. По маршруту движения на определенной высоте размещались предметы-маркеры заданной формы, которые робот с помощью простых датчиков "ощупывал", узнавая тем самым свое местонахождение. Но такая схема навигации основана на нежелательном физически активном контакте машины с окружающим миром, что может привести к разрушительным последствиям. Кроме того,

роботы не всегда могли правильно идентифицировать маркеры, расположение которых приходилось выбирать очень точно.

Постепенно "продвинутые" модели маркерной навигации были оснащены более совершенными аналоговыми датчиками, научившимися измерять силу реакции контакта и определять форму маркера, а сегодня в этих целях применяются цифровые матричные датчики, способные получать от маркеров подробные данные об окружающей среде. Основным недостатком такого решения остается необходимость обслуживания маркеров на маршруте.

Хотя на рынке имеется множество коммерчески доступных GPS-приемников, их применение в глобальной навигации пока ограничено задачами соблюдения общего курса. Связано это с очевидным требованием законов робототехники о точности такой навигации – ошибка в определении собственных координат не может превышать размера автономного аппарата (в противном случае возможны столкновения с устройствами такого же или меньшего размеров и другие конфликты со средой). Типичный самоходный коммерческий робот обычно не превышает в длину одного-двух метров и может удаляться от места старта на 10 км, а вот GPS-сигнал дает точность около 60 -90 см, и гражданским организациям в ближайшие годы будут доступны обновленные GPS-приемники с точностью 10-60 см. Поэтому в качестве базовой GPS-навигация применяется преимущественно в автопилотах крупных самолетов или океанских лайнеров. Кроме того, в различных регионах Земли, на местности со сложным рельефом и в зданиях GPS-сигнал может приниматься неустойчиво и с помехами. Таким образом, эта система еще довольно долго не сможет использоваться как основная в задачах глобальной навигации небольших аппаратов.

У разработчиков систем пассивной локальной навигации популярна идея использования для ориентирования искусственных сооружений (например, специальных вышек). Она неплохо реализована в коммерческих версиях, и робот, снабженный системой машинного зрения, может довольно

точно рассчитать расстояние до вышки по анализу изменения геометрических размеров ее видимого образа. Если же установить искусственные маяки не удастся, робот может попытаться самостоятельно выделить статичные элементы окружающей обстановки (высокое дерево, гора) и выполнить привязку к ним своих координат. Недостаток такого подхода заключается в проблемах с нахождением ключевых объектов при изменении условий внешней среды (например, уровня освещенности).

Здесь может помочь использование стереокамер – зная угол зрения каждой из них, можно вычислить расстояние до цели. Но все равно остается актуальной задача распознавания одного и того же объекта каждой камерой и последующая синхронизация их "взглядов", что роботам пока сложно делать в масштабе реального времени.

Другая пассивная концепция локальной навигации – с помощью радиомаяков – заключается в размещении в зоне действий робота источников радиосигналов, которые обрабатываются бортовым микропроцессором. Но так как радиомаяки располагаются в фиксированных точках некоторого маршрута, аппарат теряет возможность обходить препятствия или выбирать альтернативный путь движения. Если же сделать такую систему более гибкой и использовать радарные комплексы для определения координат, попавших в зону их действия, то будет теряться время (как правило, десятые доли секунды) на организацию запроса бортовой системы робота к радарной станции и ожидание от последней ответа.

Существуют решения на основе так называемых непрерывных радиометок – наземная аппаратура генерирует на большой площади сигнал с параметрами, меняющимися в зависимости от удаления от источника. Но они дороги и характеризуются невысокой надежностью в холмистой или городской местности, где сигнал начинает пропадать. Так, коммерческая система Mini-Ranger Falcon компании Motorola стоит 100 тыс. долл. (из расчета на 20 подключений) и определяет координаты с точностью 2 м на

удалении 75 км от генератора. Схожие решения фирмы Hargis в минимальной комплектации обойдутся в 30 тыс. долл.

Активные навигационные схемы. Самые известные представители этой группы – инерциальные навигационные системы (ИНС), в которых датчиками первичной информации являются акселерометры и гироскопические датчики угловой скорости (ДУС).

Главный недостаток механических ИНС – накопление ошибок измерения за время активной работы, т. е. чем дольше в движении находится объект, оснащенный ИНС, тем больше будет погрешность в определении координат. Кроме того, ИНС малоэффективны в случаях, когда скорость объекта часто и резко меняется. Они также плохо подходят для задач навигации роботов среднего и малого размеров. Навигационные версии гироскопов должны устанавливаться на стабильной платформе, к тому же цена их высока. Коммерческая авиационная ИНС среднего качества стоимостью в 50 тыс. долл. накапливает за час работы погрешность измерения 2000 м. Погрешность более дорогих версий (200 тыс. долл.) составляет около 0,1% от всего пройденного пути.

Простейший вариант хорошо известного всем автолюбителям активного навигационного устройства – одометр. Он периодически измеряет скорость вращения колеса и, так как диаметр последнего известен, определяет пройденный путь. Но колеса любого автомобиля не идеально ровные, из-за чего реальная длина покрышки всегда будет отличаться от рассчитанной, к тому же они могут прокручиваться вхолостую или проскальзывать на льду, а сам одометр под воздействием внешних и внутренних помех постоянно накапливает ошибки измерения. Однако несмотря на все эти недостатки, данная технология применяется очень активно. Ее распространение связано прежде всего с инвестициями автопроизводителей. Так, одометры нового поколения будут содержать микроволновые радары и более точно измерять реально преодоленное расстояние. Кроме того, одометры – это иногда единственно возможное

навигационное решение (например, при нахождении робота на другой планете).

Развивается рынок бесконтактных систем локальной навигации, использующих генератор радио- или каких-либо других (чаще всего ультразвуковых и инфракрасных) сигналов, а также лазерных дальномеров. Однако эффективность и точность подобных устройств в значительной степени зависит от характеристик среды.

Гибридные навигационные схемы. Недостаток вышеперечисленных способов навигации связан с отсутствием в реализующих их устройствах интеллектуальной составляющей. Независимо от того, пытается ли робот определить свое местонахождение и маршрут движения самостоятельно или на основе сигналов от внешнего источника, он делает это, как животное (птица, движимая инстинктом, знает, куда ей лететь, но не понимает, почему ей следует лететь именно туда). Гибридная бортовая система управления роботом использует навигационные средства всех видов, но занимается прежде всего оценкой окружающей обстановки, анализом выполняемого задания и принятием решений. Аппарат пытается построить собственный образ среды, в которой ему приходится действовать, после чего формирует маршрут и движется по нему, постоянно сопоставляя свою карту пространства с данными, полученными от устройств навигации.

Существующие интеллектуальные модели умеют строить двумерные карты области, в которой движутся. Для этого, как правило, применяются лазерные дальномеры в комбинации с ультразвуковыми генераторами и инерциальным системам. Но с помощью ультразвука удастся получить лишь весьма нечеткие образы, к тому же скорость звука варьируется, которая зависит от множества факторов и невысока (если пространство открытое, то ответного эха можно ждать несколько секунд). А из-за ограниченности плоской модели мира роботы нередко попадают в логические тупики, и в условиях промышленной эксплуатации на восстановление реальной картины уходит много времени.

Значительно более перспективно формирование точной геометрической модели окружающего пространства. Но для этого надо иметь максимально детальную информацию об окружающей среде, а предоставить ее могут устройства визуального наблюдения (машинного зрения) высокого разрешения и хорошие системы распознавания объектов. Во многих случаях карта может быть подготовлена заранее, но тогда возникает проблема определения собственного местоположения на ней, что весьма сложно в случаях, когда отсутствуют различимые особенности местности. Неплохой вариант, когда робот самостоятельно строит карту, а затем, сопоставляя ее с исходной фиксированной версией, уточняет и корректирует. Но задача такого сопоставления для компьютера также очень трудоемка. Ведь трехмерные цифровые карты местности требуют для хранения в тысячи раз больше памяти, нежели двумерные. Соответственно и для обработки таких объемов данных нужны приличные вычислительные ресурсы. В дополнение к задаче определения координат устройству необходимо уметь строить план движения по такой карте. Существующие алгоритмы позволяют делать это достаточно точно, однако они пока не учитывают скорость движения аппарата по маршруту, а она может внести серьезные коррективы в теоретический план. Тем не менее, некоторые роботы способны за секунду создавать вполне точный трехмерный образ окружающего пространства – при нахождении внутри зданий типовых конструкций с жестко предопределенной геометрией.

Следующие модели будут уже в обязательном порядке снабжаться функциями построения карты и ее сопоставления с исходным готовым вариантом. Ведь если расположение устройства на ней определено, навигация становится совсем простой и не требует расхода временных ресурсов. А когда робот попадает в совершенно незнакомую обстановку, он может попытаться понять, где находится, обратившись к базе цифровых карт, алгоритмы классификации, иерархической организации и компактного хранения карт из базы данных.

Интересна идея динамической модификации среды, когда робот, определив точную координату некоторой точки, помечает ее, например, радиомаяком. Для этого ему приходится прибегать к услугам службы персональной навигации – позиционирования частей своего "тела" друг относительно друга и ближайших предметов. Оказывается, система обратной связи "рука – глаз", в которой в качестве глаза используется группа подвижных дешевых видеокамер с несколькими степенями свободы, способна определять местоположение руки-манипулятора и позиционировать ее с точностью до миллиметра. Но полноценная коммерческая версия такого решения пока сложна и дорога.

Продолжается исследование биологических систем навигации. Птицы и насекомые прекрасно ориентируются в пространстве и способны преодолевать большие расстояния, не отклоняясь от курса. Как они это делают, пока остается загадкой. Возможно животные каким-то образом ощущают изменение магнитного поля Земли, уровня гравитации, температуры, концентрации различных примесей в воздухе, улавливают тончайшие оттенки запахов, звуков, воспринимают свет в широком диапазоне спектра и т. д. При этом "логическая часть" живых организмов, обрабатывающая подобные сигналы, несложна – например, мозг пчелы состоит всего из 800 тыс. нейронов. Остается только понять, как устроены столь чувствительные биологические датчики.

В робототехнике используется огромное разнообразие датчиков. Все они основаны на применении различных измерительных технологий и подключаются к контроллеру посредством разных интерфейсов.

Важнейшая задача – правильно подобрать датчик в зависимости от решаемой задачи. Сюда относится выбор подходящей технологии измерения, размера и веса датчика, диапазона рабочих температур и энергопотребления и, конечно, подходящего ценового диапазона.

Передача данных от датчика к центральному процессору может происходить как по инициативе процессора (*опрашивание*), так и по

инициативе датчиков (*через прерывание*). В первом случае центральный процессор должен постоянно проверять, готов ли датчик к передаче данных, считывая в цикле статус датчика. Такая технология требует больших затрат времени в сравнении с альтернативной технологией передачи данных по инициативе датчика, для которой необходим свободный канал прерывания. Посредством прерывания датчик сигнализирует о готовности передачи данных и центральный процессор немедленно реагирует на запрос.

С инженерной точки зрения имеет смысл классифицировать датчики в зависимости от их выходных сигналов. В таблице 2. приведены типичные выходные данные датчиков и соответствующие им типовые приложения.

**Таблица 2 Выходные данные датчиков**

| Выходные данные датчиков               | Типовое приложение |
|--|--------------------|
| Двоичный сигнал (0 или 1)              | Тактильный датчик  |
| Аналоговый сигнал (например, 0-5В)     | Инклинометр        |
| Синхросигнал (например, ШИМ)           | Гироскоп           |
| Последовательный канал (RS232 или USB) | GPS –модуль        |
| Параллельный канал                     | Цифровая камера    |

Если, однако, рассматривать датчики с точки зрения области их применения, то следует проводить иную классификацию (см. таблицу 3)

**Таблица 3. Классификация датчиков**

|                   | Локальные   | Глобальные        |
|-------------------|---|-------------------|
| <b>Внутренние</b> | <b>Пассивные:</b><br>датчик аккумуляторов, термодатчик, энкодер на валах двигателей акселерометр. гироскоп, инклинометр, компас | <b>Пассивные-</b> |



|         | Активные:  | Активные:   |
|---------|--|---|
| Внешние | Пассивные:<br>Бортовая камера<br>Активные:<br>сонар,<br>ИК – датчик расстояния,<br>Лазерный сканер | Пассивные:<br>подвесная камера,<br>спутниковая GPS<br>Активная:<br>ультразвуковая (или другая),<br>глобальная система деления положения |

В роботостроении важно различать между собой:

- Локальные или бортовые датчики (*встраиваемые в робота*);
- Глобальные датчики (*расположенные вне робота, но передающие ему навигационные данные*).

В области проектирования систем управления мобильные роботом различают:

- Внутренние или проприоцептивные (*чувствительные*) датчики (*отслеживающие внутреннее состояние робота*);
- Внешние датчики (*наблюдающие за окружением робота*)

Кроме того, возможно деление датчиков на:

- Пассивные (*наблюдающие за окружающим пространством робота, не воздействуя на него: цифровая камера, гироскоп*);
- Активные (*воздействующие на пространство с целью измерения: сонар, лазерное сканирующее устройство, ИК – датчик*).

**«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И  
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

| <b>Группа</b> | <b>ФИО</b>                        |
|---------------|-----------------------------------|
| 1БМ4В         | Мамытову Нуржигиту Гульжигитовичу |

| <b>Институт</b>            | <b>ИНК</b>   | <b>Кафедра</b>                   | <b>ТПС</b>      |
|----------------------------|--------------|----------------------------------|-----------------|
| <b>Уровень образования</b> | Магистратура | <b>Направление/специальность</b> | Приборостроение |

| <b>Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:</b>   |  |
|---|--|
| 1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих  | Расчет стоимости ресурсов  |
| 2. Нормы и нормативы расходования ресурсов  | Расчет расходования ресурсов   |
| 3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования   |  |
| <b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>   |  |
| Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения   | <i>Проведение анализ: Потенциальные потребители результатов исследования, конкурентные технические решения с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения, FAST -анализ, определение возможных альтернатив проведения НИИ.</i> |
| Планирование проведения и формирование бюджета научных исследований   | <i>Определение структуры плана проекта и трудоёмкости работ, разработка графика проведения НИИ, бюджет НИИ.</i>  |
| Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования  | <i>Определение интегрального показателя финансовой эффективности, интегрального показателя ресурсоэффективности, интегрального показателя эффективности и сравнительной эффективности вариантов исполнения.</i>                    |
| <b>Перечень графического материала</b>  |  |
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Оценка конкурентоспособности технических решений</li> <li>2. Альтернативы проведения НИ</li> <li>3. Планирование управления научно-техническим проектом</li> <li>4. Определение ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ</li> </ol> |  |

|  |  |
|--|--|
| Дата выдачи задания для раздела по линейному графику |  |
|--|--|

Задание выдал консультант:

| Должность                          | ФИО           | Ученая степень,<br>звание | Подпись | Дата |
|------------------------------------|---------------|---------------------------|---------|------|
| Заведующий<br>кафедрой Менеджмента | Чистякова Н.О | К.Э.Н.                    |         |      |

Задание принял к исполнению студент:

| Группа | ФИО                            | Подпись | Дата |
|--------|--------------------------------|---------|------|
| 1БМ4В  | Мамытов Нуржигит Гульжигитович |         |      |

---

### 3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

#### 3.1. Потенциальные потребители результатов исследования

В данной работе рассматривается проектирование и разработка систем управления мобильного робота на базе платформы NI Robotics Starter Kit 2.0 в среде LabVIEW, основными библиотеками LabVIEW Robotics Module и освоение процедуры создания и отладки проекта. LabVIEW, NI Robotics используются сферах образования, промышленности и общего назначения. Для выполнения анализа потребителей LabVIEW был рассмотрен целевой рынок и проведено их сегментирование.

Сегментировать рынок услуг по разработке LabVIEW можно по следующим критериям: месторасположение, конкурентоспособность продукты (таблица 4).

Таблица 4: Карта сегментирования рынка услуг по разработке уровней

|                       |   | Конкурентоспособность<br>продукты |           |
|-----------------------|---|-----------------------------------|-----------|
| Месторасположе<br>ние |   | точно<br>сть                      | стоимость |
|                       | Крупные<br>(производство, предприятия...) | A, D                              | B         |
|                       | Средние (магазин,<br>университет...)      | A,D                               | B         |
|                       | Мелкие (жители, ...)                      | C                                 | B, C      |

### 3.2. Анализ конкурентных технических решений

Таблица 5: Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок) (LabVIEW, NI Robotics):

| Критерии оценки   | Вес критерия | Баллы          |                 |                 | Конкурентоспособность |                 |                 |
|---|--------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------------|-----------------|-----------------|
|   |              | Б <sub>Б</sub> | Б <sub>G1</sub> | Б <sub>G2</sub> | Б <sub>Б</sub>        | Б <sub>G1</sub> | Б <sub>G2</sub> |
| 1   | 2            | 3              | 4               | 5               | 6                     | 7               | 8               |
| <b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>             |              |                |                 |                 |                       |                 |                 |
| 1. Повышение производительности труда пользователя                  | 0,1          | 5              | 4               | 3               | 0,5                   | 0,4             | 0,3             |
| 2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей) | 0,05         | 4              | 3               | 3               | 0,2                   | 0,15            | 0,15            |
| 3. Надежность   | 0,18         | 5              | 5               | 4               | 0,9                   | 0,9             | 0,72            |
| 4. Простота эксплуатации  | 0,05         | 4              | 3               | 3               | 0,2                   | 0,15            | 0,15            |
| 5. Качество интеллектуального интерфейса                            | 0,09         | 5              | 4               | 3               | 0,45                  | 0,36            | 0,27            |
| <b>Экономические критерии оценки эффективности</b>                  |              |                |                 |                 |                       |                 |                 |
| 1. Конкурентоспособность продукта                                   | 0,07         | 5              | 4               | 3               | 0,35                  | 0,28            | 0,21            |
| 2. Уровень проникновения на рынок                                   | 0,07         | 4              | 4               | 5               | 0,28                  | 0,28            | 0,35            |
| 3. Цена   | 0,07         | 4              | 4               | 4               | 0,28                  | 0,28            | 0,28            |
| 4. Предполагаемый срок эксплуатации                                 | 0,15         | 5              | 5               | 5               | 0,7                   | 0,7             | 0,7             |
| 5. Послепродажное обслуживание                                      | 0,06         | 5              | 3               | 3               | 0,3                   | 0,18            | 0,18            |
| 6. Финансирование научной разработки                                | 0,03         | 5              | 5               | 4               | 0,15                  | 0,15            | 0,12            |
| 7. Срок выхода на рынок   | 0,02         | 5              | 4               | 4               | 0,1                   | 0,08            | 0,08            |
| 8. Наличие сертификации разработки                                  | 0,06         | 4              | 5               | 4               | 0,24                  | 0,3             | 0,24            |
| <b>Итого</b>  | <b>1</b>     | <b>60</b>      | <b>53</b>       | <b>48</b>       | <b>4,65</b>           | <b>4,21</b>     | <b>3,75</b>     |

### 3.3. FAST-анализ

*Выбор объекта FAST-анализа*

В рамках магистерской диссертации в качестве объекта FAST-анализа выступает NI Robotics Starter Kit 2.0.

*Описание главной, основных и вспомогательных функций, выполняемых объектом*

Главная функция платформы NI Robotics Starter Kit состоит в том, что из набора программных и аппаратных средств которые позволяют разрабатывать встраиваемые системы управления мобильными роботами. С помощью входящего в состав платформы программного обеспечения LabVIEW Robotics Module достаточно просто освоить навыки управления мобильным роботом. Также имеется возможность использовать готовый программный код управления роботом, модифицировать его и создавать собственные управляющие программы. При работе с оборудованием платформы NI Robotics Starter Kit, есть возможность изучения архитектуры робототехнических систем, ознакомления с электрической схемой робота и получения реальных прак-тических знаний в создании прототипов роботов.

Для облегчения процесса выделения и классификации функций платформы NI Robotics Starter Kit была построена таблица 6.

**Таблица. 6- Функции инерциального измерительного модуля БИНС**

| Наименование детали(узла, процесса) | Количество деталей на узел | Выполняемая функция                                      | Ранг функции |          |                 |
|-------------------------------------|----------------------------|--|--------------|----------|-----------------|
|                                     |                            |  | Главная      | Основная | Вспомогательная |
| NI Single-Board RIO 9632            | 1                          | плата управления   | X            |          |                 |
| TETRIX                              | 1                          | платформа  |              |          | X               |
| Ультразвуковой датчик расстояния    | 1                          | Определение расстояние по направлению движения к объекту |              |          | X               |
| Сервопривод                         | 1                          | Двигатель для датчика                                    |              |          | X               |
| Двигатели постоянного тока          | 2                          | Двигатель для передвижения                               |              | X        |                 |
| Аккумулятор                         | 1                          | Электропитание   | X            |          |                 |

Определение значимости выполняемых функций объектом (табл. 7).

**Таблица. 7- Матрица смежности функции**

|                                  | NI Single-Board RIO 9632 | TETRIX | Ультразвуковой датчик расстояния | Сервопривод | Двигатели постоянного тока | Аккумулятор |
|----------------------------------|--------------------------|--------|----------------------------------|-------------|----------------------------|-------------|
| NI Single-Board RIO 9632         | =                        | <      | =                                | <           | >                          | <           |
| TETRIX                           | >                        | =      | <                                | <           | <                          | <           |
| Ультразвуковой датчик расстояния | >                        | >      | =                                | >           | >                          | >           |
| Сервопривод                      | <                        | <      | <                                | =           | <                          | >           |
| Двигатели постоянного тока       | <                        | <      | <                                | >           | =                          | >           |
| Аккумулятор                      | <                        | <      | <                                | <           | <                          | =           |

Преобразование матрицы смежности в матрицу количественных соотношений функций (табл. 8).

**Таблица .8**

|                                  | NI Single-Board RIO 9632 | TETRIX | Ультразвуковой датчик расстояния | Сервопривод | Двигатели постоянного тока | Аккумулятор | Итого |
|----------------------------------|--------------------------|--------|----------------------------------|-------------|----------------------------|-------------|-------|
| NI Single-Board RIO 9632         | 1                        | 1      | 1                                | 1.5         | 1.5                        | 1.5         | 7.5   |
| TETRIX                           | 1                        | 1      | 1                                | 1.5         | 1.5                        | 1.5         | 7.5   |
| Ультразвуковой датчик расстояния | 1                        | 1      | 1                                | 1.5         | 1.5                        | 1.5         | 7.5   |

|                                  |     |     |     |     |     |     |     |
|----------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Сервопривод                      | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 1   | 0.5 | 1.5 | 4.5 |
| Двигатели<br>постоянного<br>тока | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 1.5 | 1   | 1.5 | 5.5 |
| Аккумулятор                      | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 1   | 3.5 |
| $\Sigma$                         |     |     |     |     |     |     | 36  |

Так, для NI Single-Board RIO 9632 относительная значимость равна  $7.5/36 = 0,208$ ; для TETRIX –  $7.5/36 = 0,208$ ; для Ультразвуковой датчик расстояния –  $0,208$ ; для Сервопривода –  $0,125$ ; для Двигателя постоянного тока –  $0,153$  и для Аккумулятора –  $0,098$ .

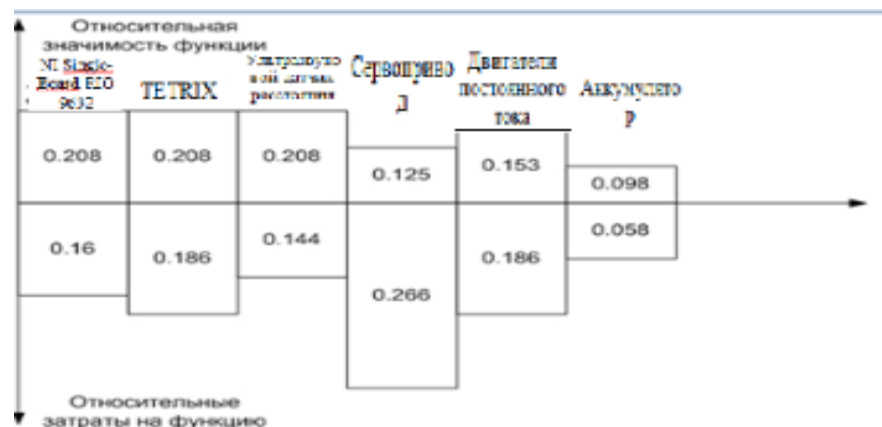
*Анализ стоимости функций, выполняемых объектом*

**Таблица 9**

| Наименование детали (узла, процесса) | Количество деталей на узел | Выполняемая функция                                      | Норма расхода, кг | Трудоемкость детали, нормо-ч | Стоимость материала, руб. | Заработная плата, руб. | Себестоимость, руб. |
|--------------------------------------|----------------------------|--|-------------------|------------------------------|---------------------------|------------------------|---------------------|
| NI Single-Board RIO 9632             | 1                          | плата управления   | -                 | 1                            | 200                       | -                      | 200                 |
| TETRIX                               | 1                          | платформа  | -                 | 1                            | 250                       | -                      | 250                 |
| Ультразвуковой датчик расстояния     | 1                          | Определение расстояние по направлению движения к объекту | -                 | 1                            | 170                       | -                      | 170                 |
| Сервопривод                          | 1                          | Двигатель для датчика                                    | -                 | 4                            | 350                       | -                      | 350                 |
| Двигатели постоянного тока           | 1                          | Двигатель для передвижение                               | -                 | 2                            | 300                       | -                      | 300                 |
| Аккумулятор                          | 1                          | Электропитание   |                   | 7                            | 100                       | 400                    | 500                 |

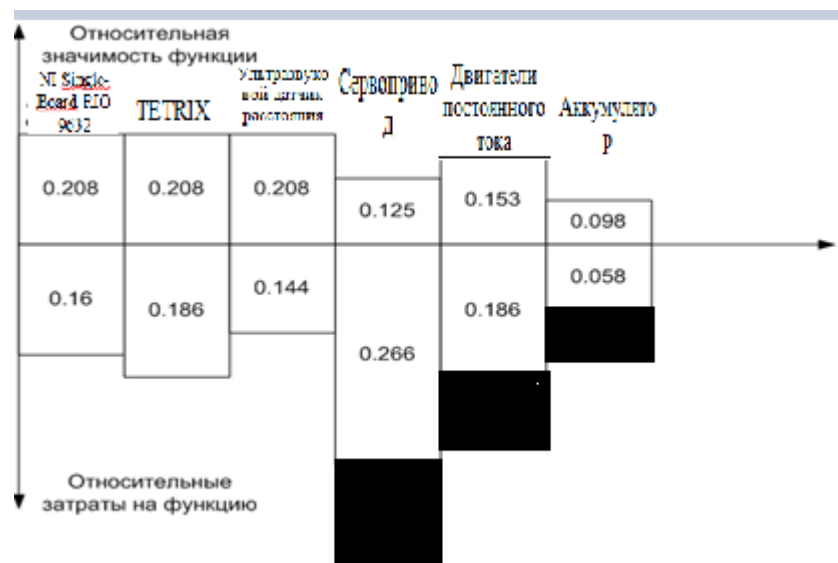


## Построение функционально-стоимостной диаграммы объекта и ее анализ



### Оптимизация функций выполняемых объектом

При рассматривании продукции компаний NI, была оптимально выбрана с целью исследования NI Robotics Starter Kit. В результате FAST-анализа видно, что можно уменьшить затрат разработки и повышение качество робота путем улучшения конструкции и уменьшения трудоемкости двигателя постоянного тока, также платы с TETRIX и аккумулятора.



где  - сокращение затрат

### 3.4 Оценка готовности проекта к коммерциализации

**Таблица 10**

| п/п | Наименование  | Степень проработанности<br>научного проекта | Уровень имеющихся знаний<br>у разработчика |
|-----|---|---|--|
|     | Определен имеющийся научно-технический задел                                    | 3   | 4  |
|     | Определен имеющийся научно-технический задел                                    | 4   | 4  |
|     | Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке       | 3   | 2  |
|     | Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок | 3   | 2  |
|     | Определены авторы и осуществлена охрана их прав                                 | 3   | 5  |
|     | Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности                       | 4   | 5  |
|     | Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта                               | 3   | 3  |
|     | Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки                      | 2   | 2  |
|     | Определены пути продвижения научной разработки на рынок                         | 1   | 1  |
| 0   | Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки                     | 5   | 5  |
| 1   | Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок  | 1   | 1  |
| 2   | Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки,               | 2   | 1  |

|   |  |    |    |
|---|--|----|----|
|   | получения льгот  |    |    |
| 2 | Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки | 1  | 1  |
| 4 | Имеется команда для коммерциализации научной разработки                | 1  | 1  |
| 5 | Проработан механизм реализации научного проекта                        | 5  | 5  |
|   | ИТОГО БАЛЛОВ   | 41 | 42 |

И так получится, что оценка готовности научного проекта к коммерциализации находится в диапазоне от 44 до 20 – то перспективность средняя. Для улучшения оценки готовности научного проекта к коммерциализации необходимо определены пути продвижения научной разработки на рынок и улучшить его качество работы .

### **3.5 Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования**

Как сказал выше, для улучшения оценки готовности научного проекта к коммерциализации необходимо определены пути продвижения научной разработки на рынок. И для этого, в этом разделе будем выбрать метод коммерциализации.

Выбранным методом коммерциализации является торговля патентными лицензиями. т.е. передача третьим лицам права использования объектов интеллектуальной собственности на лицензионной основе. Поскольку проект создан не компаниями, а студентами, поэтому уверенность в продукции покупателей на рынке не высокая. При этом нужна помощь третьего лица, которое имеет престиж на рынке.

### 3.6. Инициация проекта

#### 3.6.1. Цели и результат проекта

В таблице 11 представляется информация о иерархии целей проекта и критериях достижения целей.

**Таблица 11**

|                                     |   |
|-------------------------------------|---|
| Цели проекта                        | Исследование и разработка БИНС                |
| Ожидаемые результаты проекта        | Разработка алгоритма на основе ПО LabVIEW     |
| Критерии приемки результата проекта |   |
| Требования к результату проекта     | Улучшение алгоритмов управление двигателем    |
|                                     | Улучшение алгоритмов управление датчиков      |
|                                     | Автономное передвижение без участия оператора |

### 3.7. Организационная структура проекта

**Таблица 12**

| №<br>п/п | ФИО,<br>основное<br>место работы,<br>должность       | Роль<br>в проекте                           | Функции                              | Трудозатраты,<br>час. |
|----------|--|---|--------------------------------------|-----------------------|
| 1        | Нестеренко<br>Т.Г., к.т.н,<br>доцент<br>кафедрой ТПС | руководитель<br>магистерской<br>диссертации | отвечает за<br>реализацию<br>проекта | 240                   |
| 2        | Матытов Н.Г.,<br>магистр<br>кафедры ТПС              | Исполнитель<br>проекта                      | выполняет<br>проект                  | 960                   |

### 3.8. Ограничения и допущения проекта

Таблица 13

| Фактор                                     | Ограничения/ допущения |
|--|------------------------|
| Бюджет проекта                             |                        |
| Источник финансирования                    |                        |
| Сроки проекта                              | 6 месяцев              |
| Дата утверждения плана управления проектом | 01.01.2016             |
| Дата завершения проекта                    | 20.06.2016             |
| Прочие ограничения и допущения*            |                        |

### 3. 9. Планирование управления научно-техническим проектом

#### 3.9.1. Иерархическая структура работ проекта

Иерархическая структура работ (ИСР) – детализация укрупненной структуры работ. В процессе создания ИСР структурируется и определяется содержание всего проекта NI Robotics Starter Kit.

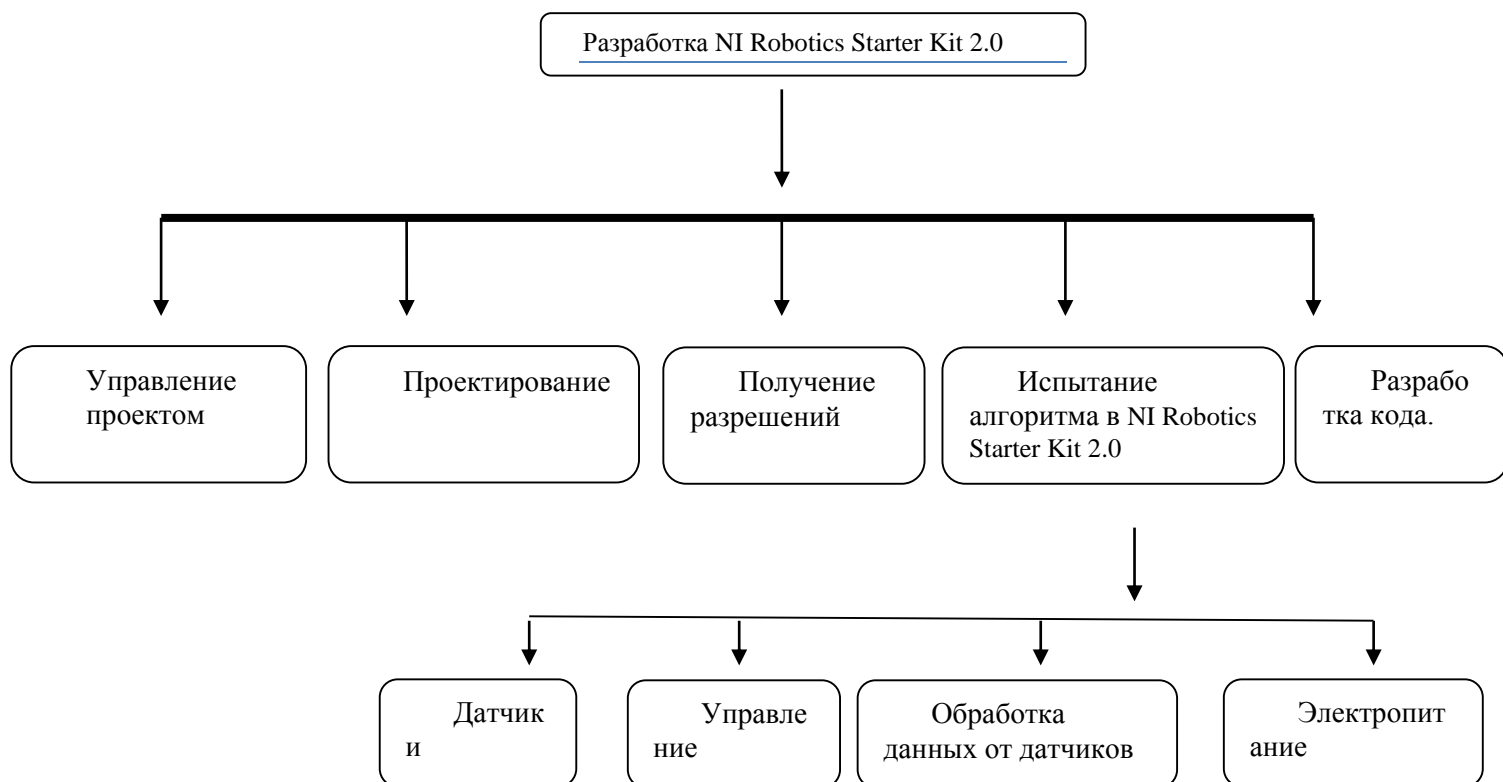


Рисунок 4 - Иерархическая структура работ по проекту NI Robotics Starter Kit 2.0

### 3.10. Контрольные события проекта

**Таблица 14- Контрольные события проекта**











| Название работы  | Исполнители  |         | Длительность работ в рабочих днях<br>$T_{pi}$ |       | Длительность работ в календарных днях $T_{ki}$ |       |
|--|--------------|---------|---|-------|--|-------|
|  | Исп.1        | Исп.2   | Исп.1   | Исп.2 | Исп.1  | Исп.2 |
| Составление и утверждение технического задания             | Руководитель | -       | 0   | 8     | 0  | 2     |
| Подбор и изучение материалов по теме                       |              | Студент | 0   | 8     | 0  | 20    |
| Выбор направления исследований                             | Руководитель | Студент | 8   | 8     | 1  | 1     |
| Календарное планирование работ по теме                     | Руководитель | Студент | 8   | 8     | 4  | 4     |
| Проведение теоретических расчетов и обоснований            | Руководитель | Студент | 8   | 8     | 1  | 19    |
| Разработка блок-схемы, принципиальной схемы                | Руководитель | Студент | 8   | 8     | 1  | 10    |
| Расчет принципиальной схемы устройства                     | Руководитель | Студент | 8   | 8     | 1  | 18    |
| Выбор и расчет конструкции                                 | Руководитель | Студент | 8   | 8     | 1  | 10    |
| Оценка технологии конструкции и эффективности производства | Руководитель | Студент | 8   | 8     | 4  | 4     |
| Технологическая операционная карта                         | Руководитель | Студент | 8   | 8     | 1  | 24    |

### 3.11. План проекта

На основе табл. 11 строится календарный план-график. График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках научно-исследовательского проекта на основе табл. 12 с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени дипломирования. При этом

работы на графике следует выделить различной штриховкой в зависимости от исполнителей, ответственных за ту или иную работу.

**Таблица 15: Календарный план-график проведения НИОКР по теме**

| Вид работ                                       | Исполнитель           | $T_{ki}$ ,<br>кал.<br>дн. | Продолжительность выполнения работ  |  |  |   |   |   |         |   |   |         |         |         |    |  |  |
|---|-----------------------|---------------------------|---|--|--|---|---|---|---------|---|---|---------|---------|---------|----|--|--|
|   |                       |                           | Январ.  |  | Февр   |   |   | март  |         |   | апрель  |         |         | май     |    |  |  |
|   |                       |                           | 11<br>0   | 22<br>0  | 11<br>0  | 22<br>0   | 33<br>0   | 11<br>0   | 22<br>0 | 33<br>0   | 11<br>0   | 22<br>0 | 33<br>0 | 11<br>0 | 20 |  |  |
| Составление и утверждение технического задания  | Руководитель          | 2                         |  |  |  |   |   |   |         |   |   |         |         |         |    |  |  |
| Подбор и изучение материалов по теме            | Студент               | 20                        |  |  |  |   |   |   |         |   |   |         |         |         |    |  |  |
| Выбор направления исследований                  | Руководитель, Студент | 1                         |   |   |  |   |   |   |         |   |   |         |         |         |    |  |  |
| Календарное планирование работ по теме          | Руководитель, Студент | 4                         |   |  |  |   |   |   |         |   |   |         |         |         |    |  |  |
| Проведение теоретических расчетов и обоснований | Руководитель, Студент | 1/19                      |   |  |  |   |   |   |         |   |   |         |         |         |    |  |  |
| Разработка блок-схемы, принципиальной схемы     | Руководитель, Студент | 1/10                      |   |  |  |  |   |   |         |   |   |         |         |         |    |  |  |
| Расчет принципиальной схемы устройства          | Руководитель, Студент | 1/18                      |   |  |  |   |  |   |         |   |   |         |         |         |    |  |  |
| Выбор и расчет конструкции                      | Руководитель, Студент | 1/10                      |   |  |  |   |   |  |         |   |   |         |         |         |    |  |  |
| Оценка технологии и эффективности производства  | Руководитель, Студент | 4                         |   |  |  |   |   |   |         |  |   |         |         |         |    |  |  |
| Технологическая операционная карта              | Руководитель, Студент | 1/24                      |   |  |  |   |   |   |         |   |  |         |         |         |    |  |  |



- Руководитель



- Студент

### 3.12. Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В процессе формирования бюджета НТИ используется следующая группировка затрат по статьям:

- материальные затраты НТИ;
- затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- затраты научные и производственные командировки;
- контрагентные расходы;
- накладные расходы.

#### Сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты

**Таблица 16 - Сырье, материалы, комплектующие изделия и покупные полуфабрикаты**

| Наименование                               | Единица измерения | Количество | Цена за ед.,руб. | Затраты на материалы, (З <sub>м</sub> ), руб. |
|--|-------------------|------------|------------------|---|
| NI Single-Board RIO 9632                   | Шт                | 1          | 50209            | 50209   |
| TETRIX                                     | Шт                | 1          | 10000            | 10000   |
| Ультразвуковой датчик расстояния           | Шт                | 1          | 509,51           | 509,51  |
| Сервопривод                                | Шт                | 1          | 659              | 659   |
| Двигатели постоянного тока                 | Шт                | 2          | 3 114,73         | 3 114,73                                      |
| Аккумулятор                                | Шт                | 1          | 500              | 500   |
| Всего за материалы                         |                   |            |                  | 68106,97                                      |
| Транспортно-заготовительные расходы (3-5%) |                   |            |                  | 46.8  |
| Итого                                      |                   |            |                  | 68153,77                                      |



## **Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ**

При приобретении спецоборудования необходимо учесть затраты по его доставке и монтажу в размере 15% от его цены. Стоимость оборудования, используемого при выполнении конкретного НТИ и имеющегося в данной научно-технической организации, учитывается в калькуляции в виде амортизационных отчислений.

**Таблица 17: Расчет бюджета затрат на приобретение спецоборудования для научных работ**

|                                   | Наименование<br>оборудования | К<br>ол-во<br>единиц<br>оборудова<br>ния | Цена<br>единицы<br>оборудования,<br>тыс.руб. | Общая стоимость<br>оборудования, тыс.руб. |
|-----------------------------------|------------------------------|--|--|---|
|                                   | Компьютер                    | 1  | 40   | 40  |
|                                   | Тестер                       | 1  | 1  | 1   |
|                                   | Клеевой<br>пистолет          | 1  | 0.2  | 0,2                                       |
|                                   | паяльник                     | 1  | 0.5  | 0.5                                       |
| Всего за специальное оборудование |                              |  |  | 40170                                     |
| Монтажу в размере 15% от его цены |                              |  |  | 6025.5                                    |
| Итого:                            |                              |  |  | 46195.5                                   |

## **Основная заработная плата исполнителей темы**

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных мастерских и опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 –30 % от тарифа или оклада.

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НТИ, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату:  $C_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}$  (17)

где  $Z_{осн}$  – основная заработная плата;

$Z_{доп}$  – дополнительная заработная плата (12-20 % от  $Z_{осн}$ ).

Основная заработная плата ( $Z_{осн}$ ) руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p \quad (18)$$

где  $Z_{осн}$  – основная заработная плата одного работника;

$T_p$  – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн. (табл. 8);

$Z_{дн}$  – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d}, \quad (19)$$

где  $Z_m$  – месячный должностной оклад работника, руб.;

$M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 24 раб. дня  $M = 11,2$  месяца, 5-дневная неделя;

при отпуске в 48 раб. дней  $M = 10,4$  месяца, 6-дневная неделя;

$F_d$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{тс} \cdot (1 + k_{пр} + k_d) \cdot k_p, \quad (20)$$

где  $Z_{тс}$  – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{пр}$  – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от  $Z_{тс}$ );

$k_d$  – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5 (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер

обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: 15-20% от  $Z_{тс}$ );

$k_p$  – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

**Таблица 18: Баланс рабочего времени**

| Показатели рабочего времени                  | Руководитель | Студент |
|--|--------------|---------|
| Календарное число дней                       | 366          | 366     |
| Количество нерабочих дней                    |              |         |
| - выходные дни                               | 52           | 52      |
| - праздничные дни                            | 27           | 27      |
| Потери рабочего времени                      |              |         |
| - отпуск                                     | 24           | 48      |
| - невыходы по болезни                        | 0            | -       |
| Действительный годовой фонд рабочего времени | 263          | 239     |

**Таблица 19: Заработная плата**

| Исполнители     | Рразряд | $k_t$ | $Z_{тс}, \text{руб.}$ | $k_{пр}$ | $k_d$ | $k_p$ | $Z_m, \text{руб.}$ | $Z_{дн}, \text{руб.}$ | $T_{р. раб. дн.}$ |          | $Z_{осн}, \text{руб.}$ |
|-----------------|---------|-------|-----------------------|----------|-------|-------|--------------------|-----------------------|-------------------|----------|------------------------|
| Руководитель    |         |       | 23264.86              | 0.3      | 0.3   | 1.3   | 48390.91           | 2060,75               | 16                | 32972    |                        |
| Студент         |         |       | 6342.03               |          |       | 1.3   | 8244.639           | 239.94                | 108               | 25902.72 |                        |
| Итого $Z_{осн}$ |         |       |                       |          |       |       |                    |                       |                   | 58874.72 |                        |

### 3.13. Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн} \quad (21)$$

где  $k_{доп}$  – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).

**Таблица 20: Заработная плата исполнителей НТИ**

| Заработная плата  | Исп.     |
|-------------------|----------|
| Основная зарплата | 58874.72 |

|                          |          |
|--------------------------|----------|
| Дополнительная зарплата  | 8831.208 |
| Итого по статье $C_{зп}$ | 67705.92 |

### **Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)**

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$C_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп})$$

$$= 0.271 \cdot (67705.92) = 18348.306$$

где  $k_{внеб}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды.

На 2014 г. в соответствии с Федеральным закона от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2014 году водится пониженная ставка – 27,1%.

### **Расчет затрат на научные и производственные командировки**

В процессе изготовления установки не необходимо командировки, поэтому затрат на научные и производственные командировки равен нулю.

### **Оплата работ, выполняемых сторонними организациями и предприятиями**

В нашем проекте не больше другие участвуют, поэтому контрагентные расходы не прочитывать.

### **Накладные расходы**

Накладные расходы составляют 80-100 % от суммы основной и дополнительной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнение темы.

$$З_{накл} = (З_{осн} + З_{доп}) \cdot k_{нр}, \quad (23)$$

где:  $k_{нр}$  – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 80-100%.

$$З_{накл} = (З_{осн} + З_{доп}) \cdot k_{нр} = 0.8 \cdot (67705.92) = 54164.74$$

## **Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта**

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект приведен в табл.21.

**Таблица 21: Расчет бюджета затрат НТИ**

| Наименование статьи  | Сумма, руб. |
|--|-------------|
| 1. Материальные затраты НТИ  | 1816.8      |
| 2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ | 46195.5     |
| 3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы                    | 58874.72    |
| 4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы              | 8831.208    |
| 5. Отчисления во внебюджетные фонды  | 18348.306   |
| 6. Затраты на научные и производственные командировки                        | 0           |
| 7. Контрагентские расходы  | 0           |
| 8. Накладные расходы   | 54164.74    |

### **3.14. Определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования**

В работе задача выполняется по заданному требованию и не был рассмотрен другой вариант разработки объекта исследования, поэтому не можем сравнить и сделать вывод о эффективности варианта решения с позиции финансовой и ресурсной эффективности. Для ознакомления с методом определения ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования были проведены расчеты всех коэффициентов разработки.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (24)$$

где:  $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$  – интегральный финансовый показатель разработки;

$\Phi_{pi}$  – стоимость  $i$ -го варианта исполнения;

$\Phi_{\text{max}}$  – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}1} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{54164.74}{54164.74} = 1$$

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i \quad (25)$$

где:  $I_{pi}$  – интегральный показатель ресурсоэффективности для  $i$ -го варианта исполнения разработки;

$a_i$  – весовой коэффициент  $i$ -го варианта исполнения разработки;

$b_i^a$ ,  $b_i^p$  – балльная оценка  $i$ -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

$n$  – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности рекомендуется проводить в форме таблицы (табл. 22).

**Таблица 22: Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта**

| Объект исследования критерии                                | Весовой коэффициент параметра | Исп.1 |
|---|-------------------------------|-------|
| 1. Способствует росту производительности труда пользователя | 0,25                          | 5     |
| 2. Удобство в эксплуатации                                  | 0,15                          | 5     |
| 3. Помехоустойчивость                                       | 0,15                          | 5     |
| 4. Энергосбережение   | 0,15                          | 4     |

|                     |      |     |
|---------------------|------|-----|
| 5. Надежность       | 0,25 | 5   |
| 6. Материалоемкость | 0,05 | 4   |
| ИТОГО               | 1    | 4,8 |

$$I_{p-исп1} = 5*0,25 + 5*0,15 + 5*0,15 + 4*0,15 + 5*0,25 + 4*0,05 = 4,8;$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки (  $I_{исп.1}$  ) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп.1} = \frac{I_{р-исп1}}{I_{финр}} = \frac{4.8}{1} = 4.8$$

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

| Группа | ФИО                               |
|--------|-----------------------------------|
| 1БМ4В  | Мамытову Нуржигиту Гульжигитовичу |

| Институт            | ИНК          | Кафедра                   | Точное приборостроение |
|---------------------|--------------|---------------------------|------------------------|
| Уровень образования | Магистратура | Направление/специальность | Приборостроение        |

| Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:  |   |
|--|---|
| 1. Характеристика объекта исследования (прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения | <p>Ознакомление с возможностями проектирования и разработки систем управления мобильного робота на базе платформы NI Robotics Starter Kit 2.0 в среде LabVIEW, основными библиотеками LabVIEW Robotics Module и освоение процедуры создания и отладки проекта.</p> <p>Данный объект применяется в учебных отраслях.</p> |
| Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:                                   |   |



|  |   |
|--|---|
| <p><b>1. Производственная безопасность</b></p> <p>1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <p>1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> | <p>Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- действие фактора на организм человека;</li> <li>- отклонение параметрических значений температуры и влажности;</li> <li>- недостаток освещенности;</li> <li>- электромагнитное поле от компьютера;</li> </ul> <p>Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- возможность поражения электрическим током.</li> </ul> |
| <p><b>2. Экологическая безопасность</b></p>  |   |
| <p><b>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях</b></p>   | <p>Перечень возможных ЧС на объекте:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- возможность возникновения пожара;</li> <li>- повышенное значение напряжения в электрической цепи.</li> </ul> <p>Наиболее типичной чрезвычайной ситуацией: возможность возникновения пожара и повышенное значение напряжения в электрической цепи.</p>   |

|   |  |
|---|--|
| <b>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности</b> | <p>-организационные мероприятия по компоновке рабочей зоны;</p> <p>- во время проведения испытаний на столе не должно быть никаких посторонних предметов;</p> <p>- рабочие пространство 16 м<sup>2</sup>;</p> <p>- управление мобильным роботом происходит в автономном и ручном режиме.</p> |
|---|--|

|   |  |
|---|--|
| <b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b> |  |
|---|--|

**Задание выдал консультант:**

| Должность          | ФИО                | Ученая<br>степень, звание | По<br>дпись | Дата |
|--------------------|--------------------|---------------------------|-------------|------|
| Доцент каф.<br>ЭБЖ | Анищенко.<br>Ю. В. | К. Т. Н.                  |             |      |

**Задание принял к исполнению студент:**

| Группа | ФИО                            | Подпись | Дата |
|--------|--------------------------------|---------|------|
| 1БМ4В  | Мамытов Нуржигит Гульжигитович |         |      |

---

#### **4.Социальная ответственность**

Комплекс NI Robotics Starter Kit позволяет познакомиться с современными встраиваемыми системами реального времени и научиться их программировать для решения различных задач, таких как обработка изображений, управляющих сигналов, реализация интерфейсов и их преобразование.

Платформа NI Robotics Starter Kit состоит из набора программных и аппаратных

средств которые позволяют разрабатывать встраиваемые системы управления мобильными роботами. С помощью входящего в состав платформы программного обеспечения LabVIEW Robotics Module достаточно просто освоить навыки управления мобильным роботом. Также имеется возможность использовать готовый программный код управления роботом, модифицировать его и создавать собственные управляющие программы. При работе с оборудованием платформы NI Robotics Starter Kit, есть возможность изучения архитектуры робототехнических систем, ознакомления с электрической схемой робота и получения реальных практических знаний в создании прототипов роботов.

Аппаратная часть платформы NI Robotics Starter Kit представляет собой универсальный набор элементов для сборки мобильных роботов различной степени сложности и функциональности. Она содержит легко монтируемые механические компоненты, электроприводы, модули управления, датчики различных типов

##### **4.1. Производственная безопасность**

Состояние здоровья человека, его работоспособность в значительной степени зависят от микроклимата на рабочем месте. Не имея возможности эффективно влиять на протекающие в атмосфере климатообразующие процессы, люди располагают качественными системами управления факторами воздушной среды внутри помещений.

Для создания благоприятных условий работы, соответствующих физиологическим потребностям человеческого организма, санитарные нормы устанавливают оптимальные и допустимые метеорологические условия в рабочей зоне помещения. Рабочая зона ограничивается высотой 2,2 м над уровнем пола, где находится рабочее место. При этом нормируются: температура,  $t$  °С, относительная влажность в % и скорость движения воздуха в м/с (СанПиН 2.2.4.548 – 96).

Нормы учитывают:

- 1) время года – холодный и переходный (+10 °С и ниже), теплый (+10 °С и выше) периоды;
- 2) категорию работ – легкая, средней тяжести и тяжелая;
- 3) характеристику помещения по тепло избыткам (помещения с незначительными избытками явного тепла – 23 Дж/(м<sup>3</sup>·ч) и менее – и со значительными избытками – более 23 Дж/(м<sup>3</sup> ч).

СанПиН 2.2.4.548 – 96. «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. Санитарные правила и нормы». Настоящие Санитарные правила и нормы предназначены для предотвращения неблагоприятного воздействия микроклимата рабочих мест, производственных помещений на самочувствие, функциональное состояние, работоспособность и здоровье человека.

**Таблица 23 – Оптимальные параметры микроклимата для помещений, где установлены компьютеры**

| Период года | Параметр микроклимата           | Величина     |
|-------------|---------------------------------|--------------|
| Холодный    | Температура воздуха в помещении | 22...24°С    |
|             | Относительная влажность         | 40...60%     |
|             | Скорость движения воздуха       | до 0,1м/с    |
| Теплый      | Температура воздуха в помещении | 23...25°С    |
|             | Относительная влажность         | 40...60%     |
|             | Скорость движения воздуха       | 0,1...0,2м/с |

## **4.2. Недостаток освещения**

Для оптимизации условий труда имеет большое значение освещение рабочих мест. Задачи организации освещённости рабочих мест следующие: обеспечение различаемости рассматриваемых предметов, уменьшение напряжения и утомляемости органов зрения. Производственное освещение должно быть равномерным и устойчивым, иметь правильное направление светового потока, исключать слепящее действие света и образование резких теней.

Недостаточное освещение влияет на функционирование зрительного аппарата, то есть определяет зрительную работоспособность, на психику человека, его эмоциональное состояние, вызывает усталость центральной нервной системы, возникающей в результате прилагаемых усилий для опознания четких или сомнительных сигналов.

## **4.3. Электромагнитное поле от компьютера**

Компьютер производит электромагнитное излучение. Большая часть его происходит не от экрана монитора, а от видеокабеля и системного блока. В портативных компьютерах практически все электромагнитное излучение идет от системного блока, располагающегося под клавиатурой. Современные машины выпускаются заводом-изготовителем со специальной металлической защитой внутри системного блока для уменьшения фона электромагнитного излучения.

Безопасные уровни излучений регламентируются нормами Госкомсанэпиднадзора «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы» (СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03). Напряженность электромагнитного поля на расстоянии 50 см вокруг ВД по электрической составляющей должна быть не более:

- в диапазоне частот 5 Гц ÷ 2 кГц – 25 В/м;
- в диапазоне частот 2 кГц ÷ 400кГц – 2,5 В/м.
- плотность магнитного потока должна быть не более:

- в диапазоне частот  $5 \text{ Гц} \div 2 \text{ кГц} - 250 \text{ нТл}$ ;
- в диапазоне частот  $2 \text{ кГц} \div 400 \text{ кГц} - 25 \text{ нТл}$ .
- возможные способы защиты от ЭМП: [30]

Основной способ – увеличение расстояния от источника, для избежания последствий экран видеомонитора должен находиться на расстоянии не менее 50 см от пользователя.

Основные меры защиты от воздействия электромагнитных излучений:

- уменьшение излучения непосредственно у источника (увеличение расстояния между источником и рабочим местом (ГОСТ 12.4.154 – 85);
- медосмотр не реже одного раза в год;
- сокращенный рабочий день;
- организационные меры (проведение дозиметрического контроля интенсивности электромагнитных излучений не реже одного раза в 6 месяцев;
- использование мониторов стандарта MPR II и TCO-03 с пониженным уровнем излучения.

#### **4.4. Электрический ток**

Электробезопасность помещения обеспечивается в соответствии с ГОСТ 12.1.045-84. Опасное и вредное воздействие на людей электрического тока, электрической дуги и электромагнитных полей проявляется в виде электротравм и профессиональных заболеваний.

Электробезопасность в помещении лаборатории обеспечивается техническими способами и средствами защиты, а также организационными и техническими мероприятиями.

Помещение лаборатории по опасности поражения электрическим током можно отнести к 1 классу по ГОСТ 12.1.038-82, т.е. это помещение без повышенной опасности (сухое, бес пыльное, с нормальной температурой воздуха, изолированными полами и малым числом заземленных приборов).

Условия, при которых происходит поражение током:

Замыкание на корпус – это непроизвольное соединение токоведущих частей с нетокведущими частями электроустановки. Замыкание на землю – это непроизвольное электрическое соединение токоведущей части с нетокведущими проводящими конструкциями или земной поверхностью. Через тело человека ток проходит при одновременном касании двух точек, между которыми существует разность потенциалов. Сила поражающего тока зависит от электроустановок, которым прикасается человек.

В качестве источника поражения тока может выступать блок питания или оголённые токоведущие линии.

Чтобы исключить опасность поражения электрическим током, необходимо соблюдать следующие правила электрической безопасности:

- перед включением приборов в сеть должна быть визуально проверена его электропроводка на отсутствие возможных видимых нарушений изоляции, а также на отсутствие замыкания токопроводящих частей на корпус;

- при появлении признаков замыкания необходимо немедленно отключить от электрической сети приборы общим выключателем и устранить неисправность;

- запрещается при включенном техники одновременно прикасаться к приборам имеющим естественное заземление (например, радиаторы отопления, водопроводные краны и др.).

Существуют следующие способы защиты от поражения электрическим током в электроустановках:

- защитное заземление;
- зануление;
- защитное отключение;
- защитное разделение сетей;
- предохранительные устройства.

Самый распространенный способ защиты от поражения электрическим током при эксплуатации измерительных приборов и

устройств - защитное заземление, которое предназначено для превращения “замыкания на корпус” в “замыкание на землю”, с тем, чтобы уменьшить напряжение прикосновения и напряжение шага до безопасных величин (выравнивание потенциала).

#### **4.5. Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

Помещение, в котором размещены ПЭВМ, по категориям пожарной опасности относится к категории «В»: "Помещения, в которых находятся в обращении горючие и трудно горючие пыли, твердые горючие и трудно горючие вещества и материалы, способные только гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или между собой.

Обычно в нем находится большое количество возможных источников возгорания, как например: кабельные линии, используемые для питания ПЭВМ от сети переменного тока напряжением 220В, которые в целях понижения воспламеняемости покрывают огнезащитным покрытием или прокладывают в металлических трубах.

В качестве возможных причин пожаров можно указать следующие:

- различные короткие замыкания;
- опасна перегрузка сетей, которая ведет за собой сильный нагрев токоведущих частей и загорание изоляции.
- необходимо предусмотреть меры пожарной профилактики:
- соблюдение противопожарных требований при проектировании и эксплуатации систем вентиляции согласно СНиП 41-03-2003;

При тушении пожара используют средства:

- Углекислотные огнетушители ОУ-40 (ВВК-28), песок, землю или брезент. Заливать очаги пожара водой запрещается.
- Углекислотные огнетушители **ОУ** - предназначены для тушения загораний веществ, свободное горение не может которых осуществляться без доступа воздуха, пожаров электроустановок под напряжением до 1000 В, твердых, жидких и газообразных веществ (класс А, В, С, Е)



#### **4.6. Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

Наиболее вероятной ЧС, которая может возникнуть при проведении исследований, является пожар.

Пожар может возникнуть при коротком замыкании в процессе разработки или эксплуатации прибора.

При возникновении пожара необходимо сообщить об этом в городскую пожарную охрану по телефону 01 (при этом необходимо сообщить точный адрес здания, место возникновения пожара или обнаружения признаков пожара, вероятную возможность угрозы людям, а также другие сведения, необходимые диспетчеру пожарной охраны). Кроме того, следует назвать себя и номер телефона, с которого делается сообщение о пожаре.

Оповестить о пожаре или его признаках людей, находящихся поблизости, и принять необходимые меры для эвакуации всех людей из здания (из опасной зоны). При появлении опасных факторов пожара (дым, потеря видимости, высокая температура, токсичные пары горения) немедленно эвакуироваться в безопасную зону. При возможности сообщить о пожаре руководителям, должностным лицам и всем людям, находящимся в здании.

Также, для предотвращения пожара, необходимо иметь рабочий огнетушитель, план эвакуации и разработанные мероприятия при возникновении пожара. Дополнительно следует провести инструктаж перед началом проведения исследовательских работ.

#### **4.7. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

При экспериментах с помощью модели на рабочем месте должны соблюдаться все требования безопасности охраны труда. При испытаниях рабочее место должно оградиться. В зависимости от запланированного объема для конкретного пускового комплекса следует обеспечить

безопасность для работающих, нормативные и санитарно-бытовые условия; электробезопасность, пожарная безопасность

Согласно ГОСТ 12.2.032-78 конструкция рабочего места и взаимное расположение всех его элементов должно соответствовать антропометрическим, физическим и психологическим требованиям. Большое значение имеет также характер работы. В частности, при организации рабочего места инженера разработчика должны быть соблюдены следующие основные условия:

- оптимальное размещение оборудования, входящего в состав рабочего места;
- достаточное рабочее пространство, позволяющее осуществлять все необходимые движения и перемещения;
- необходимо естественное и искусственное освещение для выполнения поставленных задач;
- уровень акустического шума не должен превышать допустимого значения.

Главными элементами рабочего места инженера разработчика являются письменный стол и кресло. Основным рабочим положением является положение сидя. Рабочее место для выполнения работ в положении сидя организуется в соответствии с ГОСТ 12.2.032-78.

Рабочая поза сидя вызывает минимальное утомление инженера разработчика. Рациональная планировка рабочего места предусматривает четкий порядок и постоянство размещения предметов, средств труда и документации. То, что требуется для выполнения работ чаще, расположено в зоне легкой досягаемости рабочего пространства.

#### **4.8. Размещение оборудования с точки зрения эргономики**

Эргономическими аспектами проектирования рабочих мест, в частности, являются: высота рабочей поверхности, размеры пространства для ног, требования к расположению документов на рабочем месте (наличие и

размеры подставки для документов, возможность различного размещения документов, расстояние от глаз пользователя до экрана, документа, клавиатуры и т.д.), характеристики рабочего кресла, требования к поверхности рабочего стола, регулируемость рабочего места и его элементов.

Рассмотрим оптимальное размещение предметов труда и документации в зонах досягаемости рук (см.рис.1):

- ДИСПЛЕЙ размещается в зоне а (в центре);
- КЛАВИАТУРА - в зоне г/д;
- СИСТЕМНЫЙ БЛОК размещается в зоне б (слева);
- ПРИНТЕР находится в зоне а (справа);
- ДОКУМЕНТАЦИЯ
- в зоне легкой досягаемости ладони - в (слева) - литература и документация, необходимая при работе;
- в выдвижных ящиках стола - литература, неиспользуемая постоянно.

При проектировании письменного стола следует учитывать следующее:

- высота стола должна быть выбрана с учетом возможности сидеть свободно, в удобной позе, при необходимости опираясь на подлокотники;
- нижняя часть стола должна быть сконструирована так, чтобы инженер разработчик мог удобно сидеть, не был вынужден поджимать ноги;
- поверхность стола должна обладать свойствами, исключающими появление бликов в поле зрения инженера разработчика;
- конструкция стола должна предусматривать наличие выдвижных ящиков (не менее 3 для хранения документации, листингов, канцелярских принадлежностей, личных вещей).

Параметры рабочего места выбираются в соответствии с антропометрическими характеристиками. При использовании этих данных в расчетах следует исходить из максимальных антропометрических характеристик (М+2).

При работе в положении сидя рекомендуются следующие параметры рабочего пространства:

- ширина не менее 700 мм;
- глубина не менее 400 мм;
- высота рабочей поверхности стола над полом 700-750 мм.

Оптимальными размерами стола являются:

- высота 710 мм;
- длина стола 1300 мм;
- ширина стола 650 мм.

Поверхность для письма должна иметь не менее 40 мм в глубину и не менее 600 мм в ширину.

Под рабочей поверхностью должно быть предусмотрено пространство для ног:

- высота не менее 600 мм;
- ширина не менее 500 мм;
- глубина не менее 400 мм.

Важным элементом рабочего места инженера разработчика является кресло. Оно выполняется в соответствии с ГОСТ 21.889-76. При проектировании кресла исходят из того, что при любом рабочем положении инженера разработчика его поза должна быть физиологически правильно обоснованной, т.е. положение частей тела должно быть оптимальным. Для удовлетворения требований физиологии, вытекающих из анализа положения тела человека в положении сидя, конструкция рабочего сидения должна удовлетворять следующим основным требованиям:

- допускать возможность изменения положения тела, т.е. обеспечивать свободное перемещение корпуса и конечностей тела друг относительно друга;
- допускать регулирование высоты в зависимости от роста работающего человека (в пределах от 400 до 550 мм);
- иметь слегка вогнутую поверхность;

- иметь небольшой наклон назад.

Исходя из вышесказанного, приведем параметры стола инженера разработчика:

- высота стола 710 мм;
- длина стола 1300 мм;
- ширина стола 650 мм;
- глубина стола 400 мм.

*Поверхность для письма:*

- в глубину 40 мм;
- в ширину 600 мм.

Важным моментом является также рациональное размещение на рабочем месте документации, канцелярских принадлежностей, что должно обеспечить работающему удобную рабочую позу, наиболее экономичные движения и минимальные траектории перемещения работающего и предмета труда на данном рабочем месте.

Создание благоприятных условий труда и правильное эстетическое оформление рабочих мест на производстве имеет большое значение как для облегчения труда, так и для повышения его привлекательности, положительно влияющей на производительность труда. Окраска помещений и мебели должна способствовать созданию благоприятных условий для зрительного восприятия, хорошего настроения. В служебных помещениях, в которых выполняется однообразная умственная работа, требующая значительного нервного напряжения и большого сосредоточения, окраска должна быть спокойных тонов - малонасыщенные оттенки холодного зеленого или голубого цвета.

#### **4.9. Управление мобильным роботом**

Представляет собой стандартную платформу для реализации робототехнических и автономных систем управления. Она обладает расширенной библиотекой, обладающей возможностями подключения

стандартных робототехнических датчиков и приводов, наличием фундаментальных алгоритмов управления и функций движения для внедрения в робототехнические системы и автономные транспортные средства. Благодаря использованию новой среды разработки, специалисты могут уже сейчас реализовывать свои идеи гораздо быстрее за счет простых методов их реализации с использованием встраиваемых аппаратных платформ реального времени и оборудования на базе современных ПЛИС. Также позволяет максимально увеличить гибкость создаваемого программного обеспечения за счет интеграции с множеством микропроцессорных платформ, сторонних программных средств, а также комплектов проектировщика робототехнических систем.

#### **4.10. Правовые вопросы обеспечения безопасности**

К общей части нормативно-правовых основ охраны труда относятся: Трудовой кодекс Российской Федерации, указы Президента, постановления Правительства РФ, постановления Министерства здравоохранения и социального развития, постановления и приказы других министерств межотраслевой компетенции.

## Приложение А. Раздел ВКР на иностранном языке

Раздел Введение

Студент:

| Группа | ФИО         | Подпись | Дата |
|--------|-------------|---------|------|
| 1БМ4В  | Мамытов Н.Г |         |      |

Консультант кафедры ТПС:

| Должность | ФИО            | Ученая степень,<br>звание | Подпись | Дата |
|-----------|----------------|---------------------------|---------|------|
| Доцент    | Нестеренко Т.Г | к.т.н.                    |         |      |

Консультант – лингвист кафедры ИЯ ФТИ:

| Должность | ФИО            | Ученая степень,<br>звание | Подпись | Дата |
|-----------|----------------|---------------------------|---------|------|
| Доцент    | Кошелева Е. Ю. | к.и.н.                    |         |      |

## **Introductions**

Today robotics finds its application in the energy, aviation and rocketry, automotive industry, communications, engineering, as well as in electronics and in everyday life. Worldwide mobile robots began to appear in airports, stores, hospitals and other institutions that require maintenance operations. These operations are required for moving subjects: goods, medicines, etc., patrolling the premises, the movement in order to attract attention, providing information resources, cleaning, etc. In the segment of the population of robots for people will be increasingly popular machines that provide direct support to the man. For example, robots for telepresence, allows you to be in the room and move around it, seeing what is happening around the robot camera. Such robots can be used for educational purposes, for example, in schools and universities, at various exhibitions and forums. In the information age, mobile robots are simply irreplaceable, when audio and video connection not enough. The robot can not only remotely move in space, but also interact with other objects.

Existing mobile robots work only with the remote control, while this mode is automated. Sensors on board of the robot, for example, infrared and ultrasonic rangefinders, ensure traffic safety in the static environment by prohibiting approach to obstacles for remote control. Such a way to automate complicates remote control of the robot. In addition, this approach in a dynamic environment provides virtually no safety. To fully carry out their tasks the robot must determine its own coordinates, to construct a map room, move on a given route and at the same time to comply with security measures. This problem is solved by the automatic movement of the robot using the navigation system; the operator only performs the function of targeting. Robot can successfully perform its tasks automatically without the involvement of a human operator, and in telepresence mode - the system ensures safety it self.

Existing algorithms for navigation of mobile robots do not provide sufficient accuracy and reliability of the robot localization in the room, or require significant computational resources. Last greatly affects the final cost of the mobile



robot, which does not allow using it everywhere, as well as energy consumption, due to, for longer battery life. Existing methods for the control of the robot motion do not consider moving obstacles, or simplify the conditions of the problem, which is why the movement of the robot is often not optimal the best in time to achieve the goal. However, there are problems where this parameter is crucial, for example, drug delivery to the patient.

It should be note, that existing navigation systems worked well enough for use in the industrial sector, where the medium is determined and is static. In the services sector the situation is quite different: the room in which the robot is full of moving obstacles (people, other robots, animals). Therefore, the problem of automatic control of the mobile robot in a medium containing dynamic obstacles is the actual scientific and technical task.

Worldwide intensive research on technologies of robot navigation using a scanning laser range finder, via wireless networks, landmarks and terrain maps, including three-dimensional. Judging by the many works in the field of navigation of mobile robots, the use of a laser rangefinder can achieve the highest accuracy of localization. These developments take place in various organizations both in Russia and abroad. Key issues in this regard are:

- Carnegie Mellon University (USA);
- Stanford University (USA);
- University of Bonn (Germany);
- In Russia it is: Research institute of special machine building of Moscow state Technical University(Bauman institute);
- National verification center "Robotics";
- Central scientific - Research Institute, Keldysh Institute of Applied Mathematics.

This thesis deals with issues related to the development of a system of mobile robot control based on ultrasonic sensors, the development of mobile robot control systems is carried out based on the NI Robotics Starter Kit 2.0 platforms with LabVIEW, the main libraries LabVIEW Robotics Module is an integrated

environment for integrated design and development of control systems mobile robots (MR). This module includes a driver library for devices of different classes of MR (manipulators, wheeled robots) and high-level functions for the implementation of data collection and processing procedures, decision-making and control actuators.

The main functional blocks of MR illustrated in Figure 1.

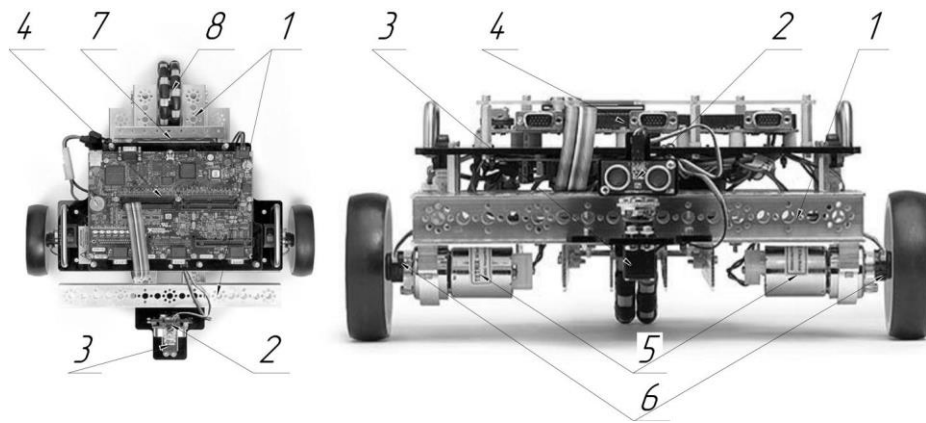


**Figure 1 - A generalized functional diagram of MR**

NI Robotics Starter Kit 2.0 allows you to learn the basic components of the MR (sensors, motors, controllers, etc.) and solve several problems of practical importance:

- scanning and mapping the area;
- bypass obstructions;
- planning trajectory;
- tracking of a moving object.

The hardware of the NI Robotics Starter Kit 2.0 platform is a comprehensive set of elements for assembling mobile robots of varying degrees of complexity and functionality. It contains easily mounted mechanical components, electric drives, control units, and various types of sensors. General view of Robotics Starter Kit 2.0 is presented in Figure 2.



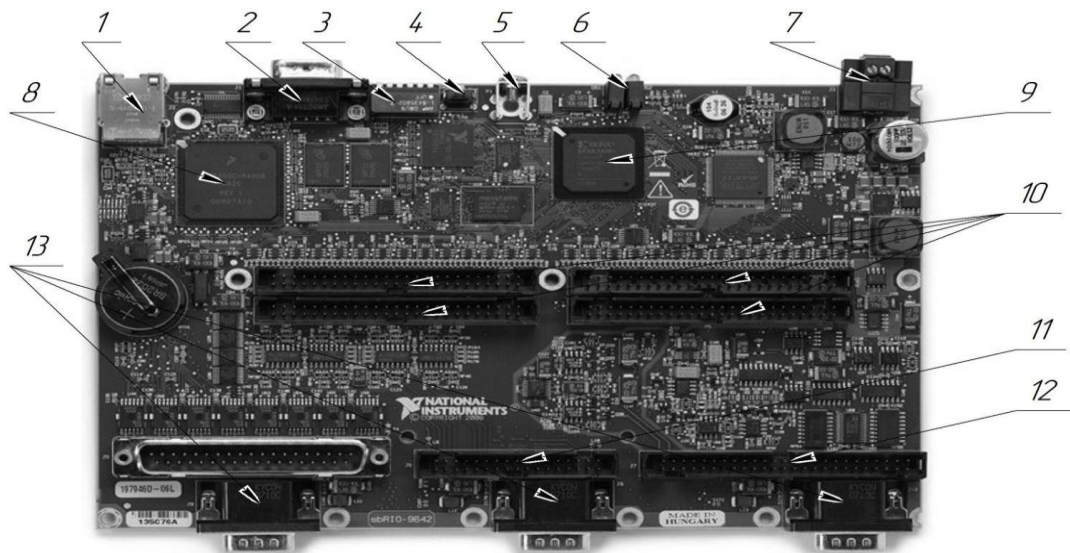
2 - Parallax PING Ultrasonic Distance Sensor; 3 - servo; 4 - Control board based on NI sbRIO 9632; 5 - DC motors; 6 - optical quadrature encoders; 7 - Battery; 8 - omni-wheels

The base case system consists of a complete set of components, technical characteristics of which are shown in Table 1.1. Thus it is possible to expand the functions of the system by additional data collection modules with sensors, GPS-receiver, GSM-transmitter and a video processing unit with a video camera.

Figure 4 - 9632 NI Single - Board RIO includes a real-time processor, FPGA, and built-in digital and analog inputs / outputs

| Name               | Specifications   |
|--------------------|--|
| Ultrasound Scanner | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ranging Range: 0.02-2 m</li> <li>• Scan range: 0-180°</li> <li>• Scan step: 1 °</li> </ul>  |
| DC Electric drives | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Supply voltage: 12 V</li> <li>• Torque: 3348 g / cm</li> <li>• RPM: 152</li> </ul>  |
| NI sbRIO-9632      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Network Interface: Ethernet</li> <li>• Processor speed: 400 MHz</li> <li>• Memory: 256 MB</li> <li>• FPGA: Xilinx Spartan-3</li> <li>• channels of digital input-output: 110</li> <li>• Analog Input Channels: 32</li> <li>• Analog Output Channels: 4</li> </ul> |

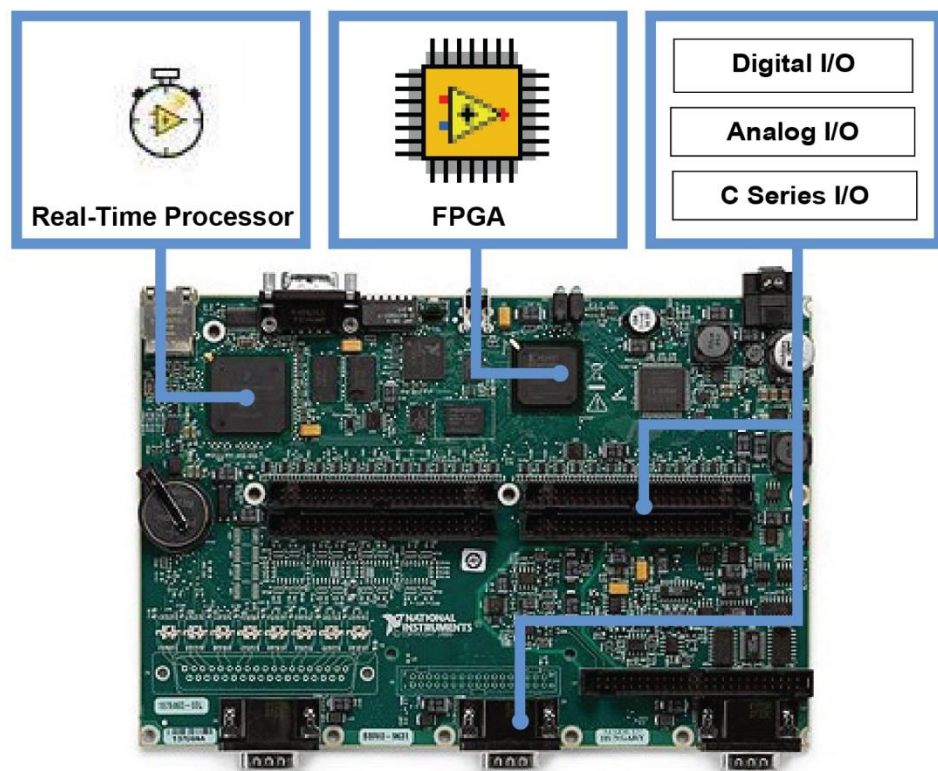
NI sbRIO-9632 (Figure 3) is OEM (Original equipment manufacturer) solution for embedded data acquisition, monitoring and control. Open architecture, functional flexibility, compactness and low cost enhances the efficiency of NI sbRIO-9632 in the development of MR.



**Figure 3 - General view of the printed circuit board sbRIO-9632:**  
**1 - port Ethernet RJ-45; 2 - RS-232 serial port; 3 - DIP switches; 4 - Reset button; 5 - eyelet ground; 6 - LED indicators; 7 - the power connector; 8 - real-time processor; 9 - chip FPGA; 10 - Digital I / O 3.3; 11 - 24V digital input; 12 - connector analog inputs / outputs; 13 - connector for modules**

NI Single - Board RIO, as shown in Figure 4, is an integrated platform that combines a real-time processor, programmable gate array (FPGA), as well as analog and digital inputs / outputs on a single board. This card is programmed with

LabVIEW Real-Time, LabVIEW FPGA and LabVIEW Robotics software



modules.

Figure 4 - 9632 NI Single - Board RIO includes a real-time processor, FPGA, and built-in digital and analog inputs / outputs

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баран Е.Д. LabVIEW FPGA. Реконфигурируемые измерительные и управляющие системы / Е.Д. Баран // М.: ДМК Пресс. – 2014. – 448 с.
2. Берштейн Л.С. Планирование поведения интеллектуального робота / Л.С. Берштейн, В.Б. Мелехин // – М.: Энергоатомиздат, 1994. – 240 с.
3. Интеллектуальные роботы: учебное пособие для вузов / под общ. ред. Е.И. Юревича, И.А. Каляев, В.М. Лохин, И.М. Макаров // М.: Машиностроение. – 2007. – 360 с.
4. Нильсон, Нильс. Искусственный интеллект. Методы поиска решений / под ред. С.В.Фомина // М.: Издательство «Мир». – 1973. – 270 с.
5. Рассел, Стюарт. Искусственный интеллект: современный подход / С. Рассел, П. Норвиг / М.: Издательский дом «Вильямс». – 2007. – 2-е изд. – 1408 с.
6. Тревис, Дж. LabVIEW для всех: [пер. с англ. Н. А. Клушин] / Дж. Тревис // М.: ДМК Пресс. – 2005. – 544 с.
7. Яковлев К.С. HGA\*: эффективный алгоритм планирование траектории на плоскости/ К.С. Яковлев // Искусственный интеллект и принятие решений. – 2010. – 16-25 с.
8. Юревич Е.И. Сенсорные системы в робототехнике / Е.И. Юревич // СПб: Издательство политехнического университета. – 2013. – 100 с.